

164
1627-11

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

(CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830,
A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE
PAR ORDONNANCE DU ROI DU 3 AVRIL 1832.)

DEUXIÈME SÉRIE

TOME VINGT-SEPTIÈME

FEUILLES 1-10. — (8-15 NOVEMBRE 1869)

PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

Rue de Fleurus, 39

Chez F. Savy, libraire, rue Hautefeuille, 24

1869 A 1870

Le Bulletin paraît par livraisons mensuelles.

Mars 1870

RÈGLEMENT CONSTITUTIF DE LA SOCIÉTÉ

APPROUVÉ PAR ORDONNANCE DU ROI DU 3 AVRIL 1832.

ART. 1^{er}. La Société prend le titre de *Société géologique de France*.

ART. II. Son objet est de concourir à l'avancement de la Géologie en général, et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les arts industriels et l'agriculture.

ART. III. Le nombre des membres de la Société est illimité (1).

Les Français et les étrangers peuvent également en faire partie.

Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. IV. L'administration de la Société est confiée à un Bureau et à un Conseil, dont le Bureau fait essentiellement partie.

ART. V. Le Bureau est composé d'un président, de quatre vice-présidents, de deux secrétaires, de deux vice-secrétaires, d'un trésorier, d'un archiviste.

ART. VI. Le président et les vice-présidents sont élus pour une année;

Les secrétaires et les vice-secrétaires, pour deux années; le trésorier, pour trois années; l'archiviste, pour quatre années.

ART. VII. Aucun fonctionnaire n'est immédiatement rééligible dans les mêmes fonctions.

ART. VIII. Le Conseil est formé de douze membres, dont quatre sont remplacés chaque année.

ART. IX. Les membres du Conseil et ceux du Bureau, sauf le président, sont élus à la majorité absolue.

Leurs fonctions sont gratuites.

ART. X. Le président est choisi à la pluralité, parmi les quatre vice-présidents de l'année précédente;

Tous les membres sont appelés à participer à son élection, directement ou par correspondance.

ART. XI. La Société tient ses séances habituelles à Paris, de novembre à juillet.

ART. XII. Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un des points de la France qui aura été préalablement déterminé.

Un Bureau sera spécialement organisé par les membres présents à ces réunions.

ART. XIII. La Société contribue aux progrès de la Géologie par des publications et par des encouragements.

ART. XIV. Un *Bulletin* périodique des travaux de la Société est délivré gratuitement à chaque membre.

ART. XV. La Société forme une bibliothèque et des collections.

ART. XVI. Les dons faits à la Société sont inscrits au *Bulletin* de ses séances avec le nom des donateurs.

ART. XVII. Chaque membre paye : 1^o un droit d'entrée, 2^o une cotisation annuelle.

Le droit d'entrée est fixé à la somme de 20 francs.

Ce droit pourra être augmenté par la suite, mais seulement pour les membres à élire.

La cotisation annuelle est invariablement fixée à 30 francs.

La cotisation annuelle peut, au choix de chaque membre, être remplacée par un somme de 300 francs une fois payée.

ART. XVIII. La Société réglera annuellement le budget de ses dépenses.

Dans la première séance de chaque année, le compte détaillé des recettes et des dépenses de l'année sera soumis à l'approbation de la Société.

Ce compte sera publié dans le *Bulletin*.

ART. XIX. En cas de dissolution, tous les membres de la Société sont appelés à décider sur la destination qui sera donnée à ses propriétés.

(1) Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans l'une de ses séances par deux membres qui auront signé la présentation, avoir été proclamé dans la séance suivante par le Président, et avoir reçu le diplôme de membre de la Société (Art. IV du règlement administratif).

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

DE FRANCE.

PARIS. — ÉDOUARD BLOT, IMPRIMEUR, RUE BLEUE, 7

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE.

Come vingt-septième. Deuxième série.

1869 à 1870

PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

Rue de Fleurus, 39.

1870

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

DE FRANCE

Séance du 8 novembre 1869.

PRÉSIDENTE DE M. DE BILLY.

Par suite des présentations faites dans la Réunion extraordinaire au Puy, en septembre dernier, le Président proclame membres de la Société :

MM.

GANZE, au Puy (Haute-Loire); présenté par MM. Vinay et de Billy.

GILLET-PARIS, ingénieur civil des Mines, au Puy (Haute-Loire); présenté par MM. Baudinot et Vinay.

HEDDE (Isidore), rue de la Reine, 35, à Lyon (Rhône); présenté par MM. Lecoq et de Billy.

JACOTIN (Antoine), au Puy (Haute-Loire); présenté par MM. de Billy et Vinay.

MACPHERSON, à Cadix (Espagne); présenté par MM. Delanoüe et Collomb.

MALLARD, ingénieur des Mines, professeur à l'École des mineurs, à Saint-Étienne (Loire); présenté par MM. Levallois et de Billy.

ROUX (Maxime), étudiant en médecine, rue Descartes, 48, à Paris; présenté par MM. Tournouër et Sauvage.

TOURNAIRE, ingénieur en chef des Mines, à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire); présenté par MM. Levallois et de Billy.

VICAIRE, ingénieur des Mines, professeur à l'École des mineurs, à Saint-Étienne (Loire); présenté par MM. Levallois et de Billy.

MM. AYMARD, au Puy (Haute-Loire);

ROBERT (Félix), conservateur du Musée, au Puy (Haute-Loire), anciens membres, sont admis, sur leur demande, à faire de nouveau partie de la Société.

Le Président annonce ensuite sept présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part du Comité de la Paléontologie française, *Terrain jurassique*, livraisons 16, 17 et 18.

De la part de M. J. J. Bianconi, *Osservazioni sopra i gessi di monte Donato e sopra i loro fossili*; in-8, 14 p.; Bologne, 1869.

De la part de M. G. Capellini, *Pesci ed insetti fossili nella formazione gessosa del Bolognese*; in-8, 4 p.; Bologne, 1869.

De la part de M. A. Cialdi, *Le phénomène du flot courant, à propos du naufrage de la frégate russe Alexandre Newski*; in-8, 17 p.; Rome, 1869.

De la part de M. G. Curioni, *Esposizione Universale del 1867. — Sui prodotti greggi e lavorati delle industrie estrattive*; in-8, 151 p.; Florence, 1869; chez G. Pellas.

De la part de M. Th. Davidson :

1° *On the occurrence of Terebratula diphyia in the Alps of the canton de Vaud*; in-8, 6 p.; Londres, 1869.

2° *Notes on the continental geology and palæontology*; part. III et IV; in-8; Londres, 1869.

De la part de M. Eug. Dumortier, *Études paléontologiques sur les dépôts jurassiques du bassin du Rhône. — 3° partie : Lias moyen*; in-8, 349 p.; 45 pl.; Paris, 1869; chez F. Savy.

De la part de M. E. Favre, *Le terrain triasique supérieur dans les Alpes orientales*; in-8, 11 p.; Genève, 1869.

De la part de M. W. M. Gabb, *Geological survey of California. — Palæontology*, vol. II. — *Cretaceous and tertiary fossils*; in-4, 299 p., 36 pl.; Philadelphia, 1869.

De la part de M. C. Grevingk, *Ueber Eisschiebungen am Wærzjæw-See in Livland*; in-8, 26 p.; 1 pl.; Dorpat, 1869; chez H. Laakmann.

De la part de M. Hébert :

1° *Classification of the upper cretaceous period*; in-4, 1869.

2° *Recherches sur l'âge des grès à combustibles d'Hæganæs et des grès à végétaux de Hær (Suède méridionale)*; in-4, 5 p.; Paris, 1869.

3° *Idem, suivies de quelques aperçus sur les grès de Hær*; in-8, 38 p., 1 pl.; Paris, 1869; chez Victor Masson.

De la part de M. Landa, *Matériaux d'archéologie et d'histoire par MM. les archéologues de Saône-et-Loire et des départements limitrophes*; numéros II et III; in-8; Chalon-sur-Saône.

De la part de M. W. E. Logan, *Geological map of Canada*; 8 feuilles; Montreal, 1866.

De la part des héritiers de M. Maclaren, *Select writings political, scientific, topographical, and miscellaneous of the late Charles Maclaren*; 2 vol. in-12; Édimbourg, 1869; chez Edmonston et Douglas.

De la part de M. Jules Marcou ;

1° *Notice biographique sur M. Auguste Dollfus-Gros*; in-8, 12 p.; Paris, 1869.

2° *De la Science en France*. — 3° fascicule : *Le Muséum d'histoire naturelle ou Jardin des plantes*; in-8, p. 209-324; Paris, 1869; chez C. Reinwald.

De la part de M. Ph. Matheron, *Notice sur les reptiles fossiles des dépôts fluvio-lacustres crétacés du bassin à lignite de Fuveau*; in-8, 39 p., 5 pl.; Paris, 1869; chez F. Savy.

De la part de M. Alphonse Milne-Edwards, *Recherches anatomiques et paléontologiques pour servir à l'histoire des oiseaux fossiles de la France*; in-4, livraisons 23, 24 et 25; Paris, chez Victor Masson.

De la part de M. G. de Mortillet, *Matériaux pour l'histoire primitive et philosophique de l'homme*; dernière livraison de 1868 (4^e année); in-8, Paris, 1869; chez C. Reinwald.

De la part de MM. F. J. Pictet et A. Humbert, *Matériaux pour la paléontologie suisse. — Mémoire sur les animaux vertébrés du terrain sidérolithique du canton de Vaud (supplément)*;

in-4, p. 125-197, pl. XIV-XXVIII; Genève et Bâle, 1869; chez H. Georg.

De la part de M. Ed. Piette, *Lettre à M. de Ferry sur les sépultures pré-historiques de Chassemy*; in-8, 23 p.; Laon, 1869; chez Éd. Roussaye.

De la part de M. J. B. Rames, *La création, d'après la géologie et la philosophie naturelle*; 1^{re} partie; in-8, pp. 1-184; Paris, 1869; chez F. Savy.

De la part de M. M. E. de Rossi, *Secondo rapporto sugli studi e sulle scoperte paleoetnologiche nel bacino della Campagna Romana*; in-8, 48 p., 4 pl.; Rome, 1868.

De la part de M. R. P. Rothwell, *Report of the board of managers of the Lehigh Coal and Navigation C^o. to the stockholders*; in-8, 69 p.; 3 pl.; Philadelphie, 1869.

De la part de M. Paul de Rouville, *Session de la Société géologique de France à Montpellier (octobre 1868)*; in-8, 154 p., 18 pl.; Montpellier, 1869; chez Bœhm et fils.

De la part de M. Rua Figueroa, *Memoria sobre las minas de Almaden y Almadenejos*; in-4, 324 p.; Madrid, 1861.

De la part de M. B. Studer, *Erläuterungen zur zweiten Ausgabe der geologischen Karte der Schweiz von B. Studer und A. Escher*; in-8, 32 p.; Winterthur, 1869; chez J. Wurster.

De la part de MM. Trutat et Cartailhac, *Matériaux pour l'histoire primitive et philosophique de l'homme*, 5^e année, 1869; numéros 3 à 8; in-8; Paris; chez C. Reinwald.

De la part de M. A. Winchell :

1^o *The onward march of the race*; in-8, 8 p.; Michigan....

2^o *Man the last term of the organic series*; in-8, 8 p.; Ann Arbor, 1867.

3^o *The grand Traverse region*; in-8, 97 p., 1 pl.; Ann Arbor, 1866.

4^o *Appendix to a report on the grand Traverse region*; in-8, pp. 83-97; Ann Arbor, 1866.

De la part de M. L. Zejszner :

1^o *O dolomicie w pasmie devoniskiem, rozpostartem pomiedzy Checinami a Sandomierzem*; in-8, 14 p.; Cracovie, 1868.

2° *O rozwoju Sredniego ogniwa formacyi dewonskiej, etc.*; in-8, 20 p.; 1868.

Biographie de P. M. G. Van der Maelen, fondateur de l'Établissement géographique de Bruxelles; in-f°, 8 p....

De la part de M. C. d'Ancona, *Sulle Neritine fossili dei terreni terziari superiori dell'Italia centrale*; in-8, 14 p., 1 pl.; Pise, 1869; chez Nistri.

De la part de M. J. Bachmann, *Quelques remarques sur une note de M. Renevier intitulée : « Quelques observations géologiques sur les Alpes de la Suisse centrale comparées aux Alpes vaudoises »*; in-8, 22 p....

De la part de M. John J. Bigsby, *The Flora and Fauna of the silurian period*; in-4, 214 p., 1 carte; Londres, 1868; chez J. Van Voorst.

De la part de M. Preudhomme de Barre, *Notice sur quelques fossiles chéloniens, etc.*; in-8, 8 p., 1 pl.; Bruxelles, 1869.

De la part de M. G. S. Capanema, *Apontamentos geologicos*; in-18, 80 p.; Rio de Janeiro, 1868; chez Diario do Rio.

De la part de M. Saverio Ciofalo, *Descrizione del Natica Gemmellaroi*; in-8, 7 p., 1 pl.; Palerme, 1869.

De la part de M. Harris, *Entomological correspondence*; in-8, 375 p., 4 pl.; Boston, 1869.

De la part de MM. F. Karrer et T. Fuchs, *Geologische Studien in den Terciaerbildungen des Wiener Beckens*; in-4, 18 p.; Vienne, 1869.

De la part de M. J. Lea :

1° *Description of twelve new species of Unionidæ from South America*; in-8, 32 p.; Philadelphie....

2° *Observations on the genus Unio, etc.*; in-4, 103 p., 26 pl.; Philadelphie....

De la part de M. A. E. Reuss :

1° *Ueber hemimorphe Barytkrystalle*; in-8, 4 p.; Vienne, 1869.

2° *Zur fossilen Fauna der Oligocænschichten von Gaas*; in-8, 43 p., 6 pl.; Vienne, 1869.

De la part de M. de Richthofen, *First preliminary notice on geological explorations in China*; in-8, 12 p.; 1869.

De la part de M. L. Rüttimeyer, *Ueber Thal-und-See-Bildung*; in-4, 93 p., 1 pl.; Bâle, 1869; chez C. Schultze.

Report of the thirty-eighth meeting of the British Association for the advancement of science, held at Norwich in August 1868; in-8; Londres, 1869; chez J. Murray.

M. E. Dangleure a l'honneur d'offrir à la Société, au nom du Comité de la paléontologie française, les livraisons 16 (*Gasteropodes jurassiques*, par M. Piette), 17 et 18 (*Echinodermes jurassiques*, par M. Cotteau).

M. le Président annonce la mort de MM. Shumard et Auguste Dollfus.

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante de M. Le Hon :

Note sur les Aptychus; par M. H. Le Hon.

Quand on considère les progrès si rapides de la paléontologie, il est vraiment étrange que l'on ne puisse encore s'accorder au sujet des *Aptychus*, ces corps qui ont été l'objet d'opinions si diverses. La dernière édition de la *Paléontologie* de M. Pictet résume ces opinions; puis, l'auteur donne son appréciation personnelle, et regarde les *Aptychus*, non comme des Anatifes, ainsi que le pensait Alc. d'Orbigny, mais plutôt comme un genre de cirrhipèdes présentant plus ou moins d'analogie avec les Balanes. Cette croyance est basée surtout sur la structure tubuleuse ou celluleuse du test de certains *Aptychus*, structure qui se rapprocherait de celle de la couche externe du test des Balanes. Cet argument a certes une valeur qu'on ne peut contester, mais je le crois insuffisant pour établir un rapprochement entre ces productions animales.

En effet, si on examine la structure du test et surtout des opercules de plusieurs familles de mollusques, on y trouve des différences très-notables; ainsi, supposons un instant qu'on n'ait jamais trouvé que des fragments du test des rudistes, on serait tout aussi fondé, par l'examen de leur structure interne, à les rapprocher des Balanes et des Coronules que les *Aptychus*, et cependant on sait que les rudistes ne sont point des cirrhipèdes, mais bien des mollusques.

Comment du reste, pourrait-on reconstruire une coquille

multivalve, plus ou moins fermée, avec des *Aptychus*, toujours en forme de plaque? A-t-on jamais trouvé plusieurs *Aptychus* groupés de manière à présenter l'apparence d'une cavité quelconque pour contenir l'animal?

On a découvert des centaines d'*Aptychus* à la bouche d'Ammonites des schistes calcaires lithographiques de Bavière. Si ce sont des cirrhipèdes, pourquoi se seraient-ils attachés vers la bouche des Ammonites et non sur les autres parties de ces coquilles? On a dit entre autres choses que les Ammonites mangeaient les *Aptychus*; mais en ce cas elles auraient rejeté les parties dures et ne les auraient pas gardées dans leur bouche.

MM. Voltz et Woodward ont émis l'opinion que les *Aptychus* sont des opercules d'Ammonites. On a présenté plusieurs objections à cette manière de voir.

L'absence d'empreintes musculaires peut s'expliquer par la dissolution de la partie interne du test des *Aptychus* par l'effet de la fossilisation, comme cela a eu lieu chez les rudistes.

L'absence ou la rareté de ces corps dans les couches à Ammonites n'est pas plus extraordinaire que l'absence ou la rareté des opercules de Natices dans les gîtes qui contiennent une quantité considérable de ces coquilles. Quant aux gîtes à *Aptychus* sans Ammonites, si toutefois le fait a été bien observé, j'avoue qu'il serait plus difficile à expliquer.

Une objection sérieuse est aussi qu'on ne trouve pas de très-grands *Aptychus*. On peut répondre à cette objection qu'elle n'a qu'une valeur négative, et qu'il faut considérer l'énorme disproportion du nombre des petites Ammonites comparé à celui des grandes. Je hasarderai à ce sujet une hypothèse sur laquelle je n'insiste pas. Chez les vieilles Ammonites, l'opercule ne pouvait-il pas devenir corné et plus sujet à être dissous?

Quant à l'objection que les coquilles pélagiennes n'ont pas d'opercule, elle tombe devant ce fait que la plaque ou capuchon cartilagineux des Nautilus, coquilles pélagiennes, fait positivement l'office d'opercule.

Enfin si les Ammonites étaient munies d'opercule, les Goniatites devaient en avoir aussi. Or, on a trouvé des *Aptychus* dans les terrains paléozoïques.

Dans une visite récente que j'ai faite au British-Museum, je désirai m'éclairer sur ces fossiles si controversés. M. Woodward m'apprit que M. Charles Moore, de Bath, possède plusieurs

spécimens de petites *Ammonites planorbis* du lias inférieur avec leurs opercules, véritables *Aptychus*, dans leur vraie position. Le savant professeur me fit voir des exemplaires des *Ammonites Brightii*, *Jason*, *fluctuosus*, *lingulatus*, avec des *Aptychus* à la bouche, mais plus ou moins dérangés de leur position normale. Il me mit alors en main un exemplaire parfaitement dégagé et conservé de l'*Ammonites subradiatus*, Sow., avec son opercule resté si bien en place et fermant la bouche avec une telle précision, qu'un ouvrier bijoutier n'eût pas fermé cette ouverture plus hermétiquement. Nous en donnons ici un croquis :



Cet opercule présente une grande ressemblance avec l'*Aptychus* trouvé à la bouche des *Ammonites Brightii* et *lingulatus*, avec lesquelles l'*Ammonites subradiatus* offre beaucoup d'analogie.

Je fis alors remarquer à M. Woodward que les Nautilus portent à la bouche une plaque ou capuchon, qu'on a nommé le pied et qui fait l'office d'opercule, et que ce corps présente quelque ressemblance de forme avec les *Aptychus*.

M. Woodward convint de ces rapports, me faisant toutefois observer que ce capuchon chez les Nautilus est cartilagineux. L'analogie n'en existe pas moins malgré cette différence.

Dans ma conviction, les *Aptychus* sont des opercules d'ammonites. Est-ce à dire pour cela que toutes les Ammonites étaient munies d'un opercule? C'est ce que je n'oserais soutenir. Quand on voit certains appendices jugaux et dorsaux si singuliers et si différents de la bouche de quelques Ammonites bien conservées, quand on considère le grand nombre d'espèces et l'étrange variété des formes, on doit convenir que nous avons encore beaucoup à apprendre sur ces animaux et qu'il n'est pas impossible que des découvertes futures donnent lieu à un démembrement du genre.

M. de Mortillet fait observer qu'il existe dans la *majolica* (terrain néocomien) des couches de 7 à 8 millimètres d'épaisseur uniquement formées d'*Aptychus* : or, dans l'énorme quantité de ces couches qu'il a fait extraire pour la fabrication de la chaux hydraulique, lors de la construction des chemins lombards, il n'a jamais trouvé qu'une seule Ammonite. Si les *Aptychus* appartenaient à des Ammonites, comment expliquer la disparition si complète de ces dernières?

M. Hébert a longtemps partagé l'incrédulité de M. de Mortillet à l'égard de l'explication adoptée par M. Le Hon ; mais il a dû changer de sentiment, en voyant dans tous les musées des Ammonites munies de leurs *Aptychus*. Quant à l'existence dans certaines couches d'un grand nombre d'*Aptychus*, sans aucune trace d'Ammonites, M. Hébert fait observer que, dans les dépôts produits par les eaux, les matériaux sont souvent classés d'après leur nature, ainsi qu'on l'observe dans le canal de l'Ourcq, où on ne trouve à certains endroits que des bouchous, et dans d'autres endroits que des brins de paille.

M. Bayan ajoute que, dans quelques localités tertiaires, on trouve beaucoup d'opercules de *Turbo*, mais pas un seul *Turbo*. Il rappelle que M. de Zigno vient de trouver dans le *calcare rosso ammonitico* des *Sette Comuni* un très-grand *Aptychus* ayant la nature d'un os de Seiche.

M. Chaper pense que le test des Ammonites, étant très-mince, a pu être transporté fort loin ; c'est dans les dépôts de pleine mer, comme la *majolica*, que les *Aptychus* sont le plus nombreux ; c'est, au contraire, dans les dépôts côtiers qu'abondent les Ammonites. De plus, dans les couches riches en *Aptychus*, on ne trouve guère que des *Aptychus*, des Huîtres et des Anomyes ; le test des autres fossiles a été dissous.

En réponse à une observation de M. de Mortillet, M. Hébert fait remarquer que c'est toujours la même espèce d'*Aptychus* que l'on trouve dans la même espèce d'Ammonites.

M. Delesse communique la notice suivante, qui lui a été adressée par M. Mussy, ingénieur des mines de l'Ariège.

Possibilité de l'existence du terrain houiller dans le département de l'Ariège. — Monographie des schistes anciens supérieurs tenant dans l'Ariège la place de l'étage houiller; par M. Mussy.

Le terrain houiller, reconnu jusqu'à présent aux deux extrémités des Pyrénées, n'a pas encore été définitivement constaté dans l'Ariège.

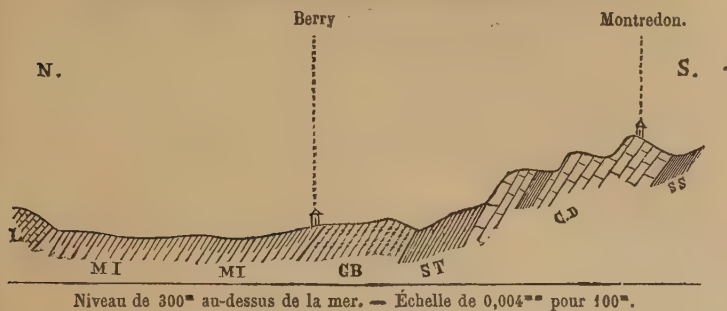
Cependant, au nord du plateau central primitif, qui s'étend entre l'Ariège et le Sallat, règne une assise régulière de schistes anciens régulièrement enclavés entre les calcaires dévonien à Nautilés au sud et les grès bigarrés au nord; ses strates supportent évidemment les assises de ce dernier; leur contact avec les calcaires de transition n'est pas toujours bien visible; parfois il apparaît vertical; mais par places le calcaire dévonien paraît plonger nettement sous les schistes dont l'âge serait, par ce fait, intermédiaire entre le dévonien et le trias, et ces schistes tiendraient la place du terrain houiller.

Sur plusieurs points, au contact des schistes anciens supérieurs et du dévonien, d'une part, et surtout des grès bigarrés, d'autre part, sont des traces charbonneuses pauvres, sans continuité, mais cependant bien nettes, comme sur les bords de l'Arize à Nescus, Méras et Loustalot, au Sarrat de Milles, près Rimont et au Garié d'Encourtiech, près St-Girons.

Il est facile d'étudier la situation de ces schistes entre Alzein et Esplas où l'Arize met à découvert sur plusieurs points le contact des schistes avec les deux formations voisines.

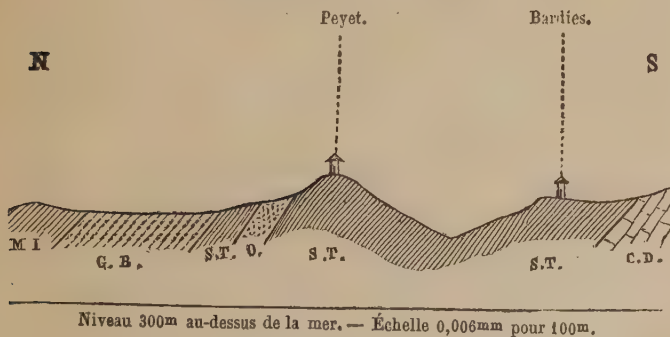
Les coupes ci-dessous, faites en marchant de l'est à l'ouest dans le bassin de l'Arize, indiquent l'état stratigraphique de l'étage schisto-terreux.

Environs de la Bastide de Sérou. — Au méridien de Berny et Montredon, les calcaires dévonien avec bancs intercalés de schistes violacés ferrugineux reposent en stratification régulière sans plissement sur les schistes siluriens et supportent régulièrement sous un angle de 40° à 45° les schistes terreux supérieurs qui, à leur tour, plongent régulièrement sous les assises du grès du trias bien caractérisé.

Coupe des schistes anciens supérieurs par Montredon et Berry.

L Lias.	ST Schistes terreux.
MI Marnes irisées.	CD Calcaire dévonien.
GB Grès bigarré.	SS Schistes siluriens.

Plus loin, vers Bardies, en se rapprochant de l'Arize, les schistes terreux augmentent de puissance vers leur contact avec les grès bigarrés; ils deviennent siliceux et enclavent quelques magma ophitiques très-quartzeux; leur pendage au centre de la formation oscille autour de la verticale; mais aux extrémités ils reposent nettement sur le dévonien en plongeant sous les grès du trias.

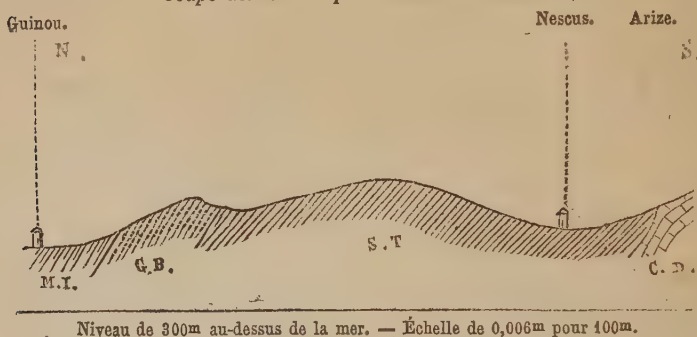
Coupe des schistes par Bardies.

MI Marnes irisées.	ST Schistes terreux.
GB Grès bigarré.	O Ophite.
	CD Calcaire dévonien.

Sur la rive gauche de l'Arize, au méridien de Guinou et Nescus, les schistes terreux sont toujours puissants; leur contact avec les grès bigarrés se fait par des terres rougeâtres ferrugineuses et plonge au nord de 70°; au delà, sur le coteau, les

schistes sont presque verticaux; vers l'est, près l'Arize, entre les grès et ces derniers, règne sur plus d'une centaine de mètres jusqu'au bord de la rivière une assise de 1^m50 de couches terreuses charbonneuses avec indices très-légers de charbon.

Coupe des schistes par Guinou et Nescus.



MI Marnes irisées.

ST Schistes terreux.

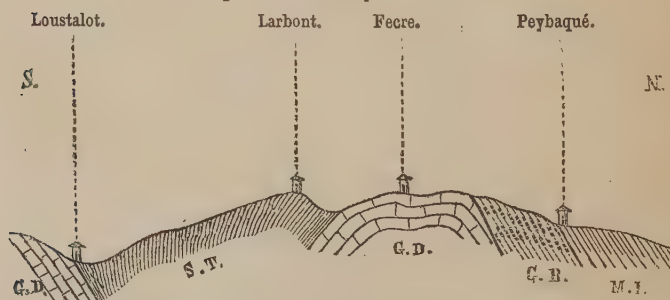
GB Grès bigarré.

CD Calcaire dévonien.

Un peu en remontant l'Arize vers Meras, entre les assises inférieures du schiste terreux et les calcaires dévoniens sont des terres charbonneuses assez épaisses, sur la rive droite de la rivière et quelques mètres au-dessus.

Plus loin, vers Larbont, les schistes terreux sont déposés dans un pli des ondulations dévoniennes, et le pendage en sens inverse des assises à leurs deux extrémités dénote bien un âge postérieur à la formation dévonienne.

Coupe des schistes par Larbont.



Niveau de 300m au-dessus de la mer. — Échelle de 0,003mm pour 100m.

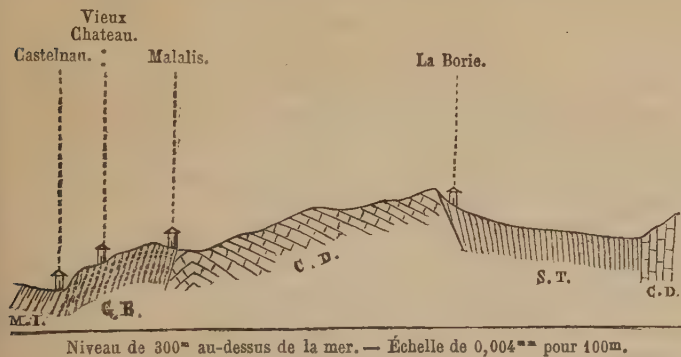
CD Calcaire dévonien.

GB Grès bigarré.

ST Schistes terreux.

MI Marnes irisées.

Région d'Esplas et Rimont. — Plus loin, dans les grands plateaux d'Esplas, la bande schisteuse continue régulièrement, encaissée au nord et au sud par les strates dévoniens jusque vers la vallée de Tournay avec une puissance régulière de 400 à 500 mètres en affleurement; les contacts avec ces derriers paraissent presque toujours plus ou moins verticaux, et bien souvent ils se font par des petites failles où viennent se terminer brusquement les deux étages avec pendages opposés, et la détermination stratigraphique est difficile; tel est le cas de la coupe ci-dessous passant par Castelnau et la Borie.



MI Marnes irisées.
GB Grès bigarré.

CD Calcaire dévonien.
ST Schistes terreux.

Au delà de Tournay, la bande dévonienne nord disparaît, et tous les hauts coteaux et profonds vallons de Rimont, désignés sous le nom de Serre de Mouréou, sont constitués par les schistes terreux qui prennent une puissance énorme et affleurent vers Pupéry sur plus de 3 kilom., en reposant au sud sur les calcaires dévoniens de Rivernert, et supportant au nord jusqu'au bord du Sallat, en contact direct, les couches gréseuses et argileuses du trias; ces schistes forment toute la masse des hauts coteaux d'Eychenne élevés de plus de 900^m entre les vallons de Rivernert et du Baup, et vont se terminer sur les bords du Sallat à Monpla en amont de Saint-Girons.

La direction et la puissance de cet étage schisteux sont données par les chiffres suivants :

BASSIN DE	MÉRIDIEN DE	PUISSANCE EN AFFLEUREMENT.	DIRECTION DES STRATES.
l'Arize,	Montels.....	kil 0.3	O 6° S
	Larbont.....	1.1	O 14 S
du Sallat.	Rimont.....	2.8	O 3 N
	Lescure.....	2.0	O 5 N

Minerais. — En dehors de traces charbonneuses assez fréquentes un peu partout, ces schistes contiennent quelques rares pyrites qui, par décomposition, donnent des sources ferrugineuses comme au versant nord du Garié d'Encourtiech; dans la montagne d'Eychenne, sur les versants de Rivernert et de Lescure, on a constaté quelques amas et rognons de minerai de fer compacte et de pyrites sans continuité.

Toutes les données recueillies jusqu'à ce jour ne sont pas encore de nature à permettre de considérer cet étage de schistes comme terrain houiller; mais elles sont déjà suffisantes pour faire admettre que ces schistes occupent dans l'Ariège la place du terrain houiller, et que, si ce terrain existe dans le département, c'est dans ces schistes anciens supérieurs qu'il doit être recherché.

Observations géographiques sur la craie du sud-ouest;
par M. Arnaud.

Les divisions de la craie ne sont point encore irrévocablement établies; tandis que les terrains antérieurs revêtent généralement, sur des points éloignés, des caractères analogues, les dépôts crétacés ont énergiquement subi l'influence des circonstances géographiques qui ont présidé à leur formation. Souvent, dans le même bassin, cette influence développe, entre des couches contemporaines, des différences minéralogiques très-remarquables, et entraîne une modification latérale correspondante de la faune qu'elles recèlent. Sous l'empire de ces variations, les espèces émigrent, elles cherchent des mi-

lieux appropriés à leur conservation et prolongent sur des points plus ou moins éloignés de leur origine l'existence qu'elles paraissent avoir perdue; souvent, le retour des conditions minéralogiques au sein desquelles elles avaient pris naissance les rappelle, mélangées et altérées par le temps, à un niveau supérieur à celui qu'elles avaient quitté. De là naît entre les diverses assises de la craie un lien qui accroît les difficultés d'une division naturelle en étages, et dont la puissance ne peut s'éprouver que par de longues observations. L'étude de ces variations et de leur importance peut, si nous ne nous faisons illusion, être facilitée par le rapprochement d'une série de coupes retraçant leur succession suivant une direction naturelle.

En ce qui touche le bassin auquel il s'applique, un essai de cette nature doit éclairer d'un nouveau jour les rapports de la stratigraphie et de la paléontologie; il doit fournir un utile élément à la solution du problème, en précisant le moment où une modification générale s'est produite dans le niveau des mers, dans la direction de leurs courants, dans le travail d'exhaussement ou d'affaissement de leurs lits et de leurs rivages.

Au delà même des limites du bassin, il peut encore porter des fruits utiles, substituant à un exposé de caractères généraux le tableau, sinon complet, au moins plus précis, des variations progressives subies par les couches crétacées dans leur faune et leur constitution minéralogique; il doit montrer comment le bassin qui en est l'objet se rattache par ses points extrêmes à ceux qui l'avoisinent, et leur sert de trait d'union.

Observé à ce point de vue, le bassin du S. O. offre d'une manière saillante au premier aspect, et c'est là un fait admis par tous ceux qui l'ont étudié, les traces certaines d'une modification profonde entre le dépôt des couches nommées sénoniennes par d'Orbigny, et les assises qui les ont précédées. L'étude minéralogique et paléontologique de ces formations successives établit entre elles l'existence d'un temps d'arrêt, d'un intervalle indéterminé, dont l'observation stratigraphique montre la coïncidence avec une nouvelle configuration du lit des mers, et un changement incontestable de leurs niveaux.

Soumise à la même observation, la première de ces périodes révèle, sinon d'une manière aussi tranchée sur tous les points, au moins avec autant de certitude, les traces d'une modification générale analogue; non que se plaçant au point de

vue exclusif de la paléontologie, on puisse affirmer un renouvellement intégral des faunes, car les réflexions précédentes établissent d'une manière générale que les faunes, modifiées par le temps, s'enchaînent au lieu de se remplacer complètement, mais parce que l'ensemble de leurs caractères atteste une profonde modification. On peut en citer comme exemple, dans la famille des rudistes, la présence du genre *Caprina* dans la première zoné, et l'apparition du genre *Hippurites* dans la seconde.

L'examen minéralogique confirme les données de la paléontologie; car, sur chacun des points où la superposition immédiate des étages permet une vérification directe, cette comparaison accuse, dans leur constitution, une différence nettement accentuée; c'est ainsi que la première période, principalement caractérisée au N. et à l'O. par le développement des grès, ne se constitue au S. et à l'E. que de couches calcaires, tandis que la seconde présente des calcaires à l'O. et au N., et principalement des grès à l'E. et au S.

A quel moment ce nouvel ordre de choses a-t-il pris naissance? C'est ce que peut éclairer l'étude des conditions géographiques qui ont présidé à son origine. Il en résulte que, du N. O. au S. E., les mers de l'étage cénomanien, d'Orb., ont successivement envahi le sol soumis à un mouvement lent d'affaissement, et qu'à mesure qu'elles ont atteint vers l'E. des rivages plus éloignés, leur lit, de moins en moins profond, n'a reçu que des dépôts proportionnellement affaiblis.

Au moment de la formation des dernières assises, caractérisées au N. par les bancs puissants à Ammonites de Soubise et Taillebourg, un mouvement de bascule s'est produit dans le bassin; graduellement exhaussé au N., le fond des mers s'est rapidement abaissé au S. Dans cette région, parallèlement à la craie glauconieuse et micacée de Soubise et Taillebourg, se sont déposés des calcaires blancs, en nodules empâtés d'une argile blanche ou diversement colorée; ces calcaires, éclatant à la gelée et présentant une fracture lithographique, sont caractérisés, comme dans le N., par la présence des Ammonites, de l'*Inoceramus problematicus*, du *Periaster oblongus*; mais ils ont prolongé au midi leur existence au delà du dépôt des bancs de Taillebourg; car on les voit à Angoulême, par l'effet de l'affaissement graduel du sol, recouvrir sans transition les calcaires à Ammonites (plaquettes de M. Coquand), dont la faune n'a point franchi les limites. L'exhaussement des couches du

N. ne leur a pas permis d'atteindre, avec le même caractère minéralogique, les assises de Taillebourg.

C'est à ce mouvement, dont les effets se sont prolongés au N. jusqu'au début de la période sénonienne, qu'il faut manifestement attribuer l'absence, dans le bassin ligérien, des bancs turoniens à rudistes du S. O.

Il entraîne comme conséquence nécessaire la séparation des bancs à Ammonites et de la zone à *Spondylus truncatus*, associés par M. Bourgeois (*Bull. Soc. géol.*, t. XIX, p. 652).

La régularité de mouvement lie au S., par une transition ménagée, les calcaires en nodules lithographiques aux couches qui leur ont succédé.

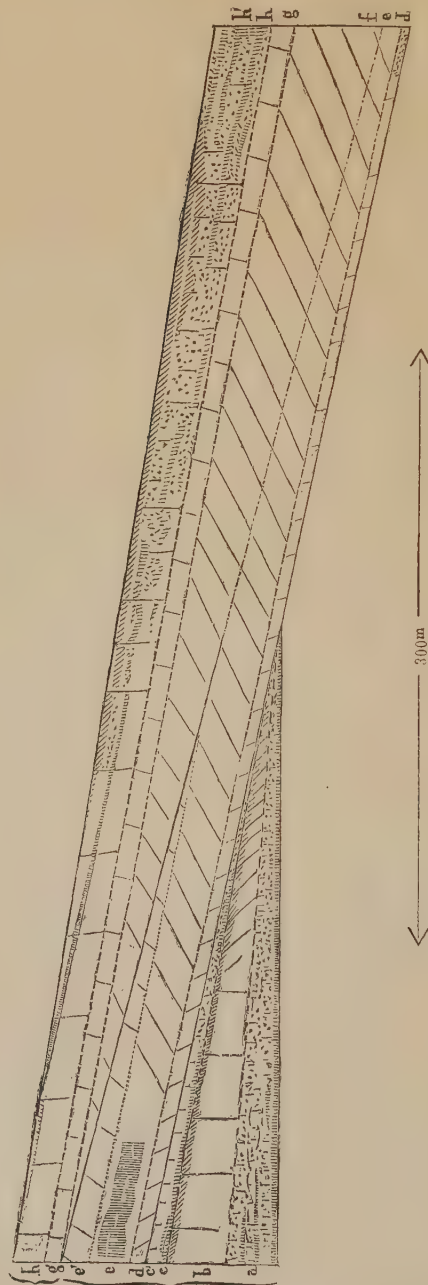
Après leur dépôt, et pendant la formation des bancs à *Radiolites lumbricalis*, les rivages se relèvent graduellement à l'E. Par cette nouvelle action, combinée et non substituée à la précédente, les calcaires angoumiens, largement développés vers le centre du bassin, à Périgueux et Angoulême, cèdent peu à peu, à l'E., la place à quelques couches d'une faible épaisseur, caractérisées par ces rudistes (1) et couronnées par des calcaires arénacés passant à des grès ferrugineux qui se substituent aux calcaires de l'étage provencien, Coquand.

Ainsi, deux directions principales dans le développement des couches marquent ces deux périodes; une troisième modification distingue le début de la période sénonienne, ainsi que nous l'établirons ultérieurement. Cette relation est sommairement indiquée par la fig. ci-après. De là ressort la division naturelle des formations qui l'ont précédée dans le bassin du S. O. en craie inférieure et craie moyenne.

(1) Peut-être ne recèlent-elles pas le *Radiolites lumbricalis*, mais seulement le *R. angulosus*; l'empâtement des rudistes dans la roche ne permet pas une détermination absolument certaine.

N O

S E



a Argiles et grès inférieurs.
b Banc inférieur à Ichthyosarcolithes.
c Argiles et grès.
c' Banc supérieur à Ichthyosarcolithes.
d Calcaire marneux à *Terebratula carentonensis*.
e Argiles et marnes à *Ostrea columba*.

CRAIE INFÉRIEURE

e' Bancs à Ammonites.
f Calcaires lithographiques à *P. oblongus*.
g Calcaires à *Sphaerulites Boreani* et *S. saignacensis*.
h Calcaire à *Radiolites tumbacalis*.
h' Bancs à *H. Cornuacium* et à *Sphaerulites sinuatus*.

CRAIE MOYENNE

300m

CRAIE INFÉRIEURE.

Limite supérieure. — Nous comprenons dans la première période, comme limite supérieure, les bancs à *Ammonites peramplus* et *Rochebruni*, qui ont été généralement séparés (1). Rattachés par d'Orbigny à l'étage turonien, ils ont été réunis par M. d'Archiac à son troisième étage (calcaires blancs à rudistes), par M. Manès à son second étage (marnes à ostracées et calcaires à rudistes), par M. Coquand à l'étage angoumien démembré du turonien de d'Orbigny.

Ainsi que nous l'avons dit dans une note antérieure (*Bull. Soc. géol.*, t. XIV, p. 469), ces assises sans rudistes forment, avec les marnes à *Terebratella carentonensis*, auxquelles elles sont intimement liées, entre les Caprines de la craie inférieure et les Hippurites de la craie moyenne, une zone transitoire qui ne se rattache nécessairement, ni par sa faune, ni par ses caractères minéralogiques, à l'une ou à l'autre des formations qu'elle unit.

C'est par l'étude de leur développement géographique que peut se résoudre la question de leur relation; l'observation directe montre en effet que ces couches s'affaiblissent graduellement vers l'E., participant ainsi au mouvement général des assises inférieures, mouvement qui s'arrête avec elles. Puissantes de 12 à 15 mètres à Taillebourg, elles ne forment plus à Angoulême qu'un banc de 2 à 3 mètres d'épaisseur, nettement séparé des assises entre lesquelles il est intercalé. Plus à l'E., vers Négroudes, ainsi que nous l'avons dit plus haut, elles ont complètement perdu, comme les marnes à *Ostrea columba* qu'elles couronnent, leur caractère minéralogique distinct; celles-ci, au lieu des dépôts argileux apparents à Angoulême sur une quinzaine de mètres, y sont représentées par des nodules de calcaire blanc et lithographique encore empâtés d'une marne verdâtre, qui tend graduellement à disparaître, à mesure qu'on s'avance vers l'E.; aussi, la distinction minéralogique entre ces dépôts et ceux qui leur ont succédé, facile au N. O., est-elle impossible à la limite orientale du bassin.

(1) Nous désignerons ces bancs sous le nom de *bancs à Ammonites*; l'énumération des céphalopodes qui y ont été recueillis se trouvera au Synopsis des formations secondaires dressé par M. Coquand (*Bull. Soc. géol.*, t. XVI, p. 966 et suiv.), où ils sont indiqués comme appartenant à l'étage angoumien de cet auteur.

L'uniformité de développement géographique n'est pas d'ailleurs le seul caractère de relation qui unisse aux derniers bancs à *Caprina adversa* l'ensemble des marnes à *Terebratella carentonensis* et des bancs à *Ammonites peramplus* et *Rochebruni*. M. Hébert (*Bull. Soc. géol.*, t. XXI, p. 286) a déjà fait connaître l'existence, dans les calcaires marneux à *Terebratella carentonensis*, du Port-des-Barques, du *Pseudodiadema variolare*, jusque-là considéré comme spécial à un niveau inférieur; les recherches que nous avons faites dans les mêmes assises attestent que la présence de cet échinoderme n'est pas due à un accident isolé, mais qu'il s'y trouve accompagné de nombreuses espèces communes aux couches inférieures. Nous citerons, avec la certitude d'une détermination exacte due à la science de M. Cotteau :

Pseudodiadema variolare, Cotteau; *Pseudodiadema tenue*, Desor; *Cyphosoma cenomanense*, Cotteau; *Cidaris vesiculosa*, Goldf.; *Cottaldia Benettia*, Cotteau; *Discoidea infera*, Desor; *Orthopsis granularis*, Cotteau; *Goniopygus Menardi*, Agassiz, qui s'y trouvent concurremment avec : *Orthopsis miliaris*, Cotteau; *Cidaris ligériensis*, Cotteau; *Anorthopygus Michelini*, Cotteau; *Hemiaster Verneuli*, Desor; *Hemiaster Leymerii*, Desor. Nous avons recueilli à Angoulême l'*Holaster suborbicularis* au même niveau.

La disparition des rudistes, à l'avènement des calcaires marneux à *Terebratella carentonensis*, n'a donc pas coïncidé avec un renouvellement général de la faune suffisant pour autoriser, dans le S. O., la création d'un nouvel étage.

Il est juste de reconnaître que cette faune ne persiste pas, dans sa généralité, au-dessus des calcaires marneux à *Terebratella carentonensis*; mais les lamellibranches qui l'accompagnent à ce niveau, et notamment l'*Ostrea columba major*, qu'on ne retrouve plus dans les calcaires à *Radiolites lumbricalis*, lui survivent et viennent peupler les bancs à Ammonites, où ils se rencontrent avec les fossiles spéciaux à ces bancs et quelques-uns de ceux qui doivent leur succéder (1). Le lien paléontologique se trouve ainsi respecté.

Limite inférieure. — Les lignites, qui se trouvent fréquemment à la base du terrain crétacé du S. O. doivent-ils lui être

(1) Nous avons recueilli à Soubise le *Catopygus carinatus* dans les bancs à *O. columba major* et à bryozoaires, et l'*Holaster cenomanensis* dans les bancs à Ammonites.

rattachés? Dans une note sur les argiles lignitifères du Sarladais (*Bull. Soc. géol.*, t. XXIII, p. 61), nous avons posé la question en indiquant les difficultés qu'elle soulève; nos études ultérieures ne nous permettent pas de proposer une solution affirmative. Les dépôts de lignites du N. O. (île d'Aix, île d'Énet, etc.) coïncident d'une manière constante avec l'atténuation extrême et même la disparition complète de certaines des couches d'eau douce contiguës, attribuées par M. Coquand à l'étage de Purbeck, dont ils paraissent constituer ainsi l'une des formes, l'un des éléments. Au delà des points de contact avec cette formation, les lignites n'apparaissent plus avec leur caractère propre; on ne trouve plus que leurs débris disséminés et portant la trace non équivoque d'un remaniement postérieur. Il est vrai qu'au N. O. ils ne présentent pas, par une faune particulière, un certificat d'origine incontestable; mais les dépôts analogues du Sarladais comblent cette lacune; ils se rapprochent d'une manière frappante, par leurs fossiles, des couches fluvio-lacustres du pays bas; ils semblent constituer, comme leurs congénères des Charentes, les restes de vastes estuaires, à la formation desquels a mis fin l'irruption des mers crétacées. Si cette assimilation, qui trouve un nouvel appui dans l'existence que nous avons constatée de veines de gypse dans les argiles lignitifères de Font-de-la-Veuve, et qu'une étude approfondie des faunes peut justifier (1), était, dès à présent, incontestable, la transgressivité même des couches marines qui les recouvrent au N. et au S.-E. fournirait à l'appui de leur indépendance un argument décisif.

Ces considérations nous déterminent à laisser en dehors de cette étude les formations ligniteuses qui s'intercalent entre les premières couches marines de la craie et les dernières assises du terrain jurassique.

Au-dessus des lignites se développent, à la base de la craie, des argiles que cette formation s'est assimilées à leurs dépens par un remaniement qui y a compris des débris des lignites eux-mêmes. On en peut suivre la trace continue à la frontière septentrionale du bassin; elles s'y trouvent constamment associées aux grès inférieurs, jusqu'à la rivière de l'Isle, près de Sarliac (Dordogne), où ils disparaissent ensemble.

(1) On a commencé à la Malvie, conformément aux indications de notre note précitée, l'exploitation du lignite; les argiles qui le recouvrent sont très-riches en bivalves d'eau douce ou saumâtre.

Nous n'avons pas à rechercher, dans ce travail limité, la concordance possible de ces argiles avec celles des autres bassins crétacés; nous ne pouvons cependant admettre la conséquence absolue, déduite par M. Hébert, de la présence des grès siliceux ou calcarifères, à Orbitolites, existant à la base du lit à Échinodermes de Piédemont. Au-dessus de ces argiles, pour le savant professeur de la Sorbonne, ces grès représenteraient, dans le S. O., la craie de Rouen; or, la coupe de Piédemont, détaillée au tableau général, montre, au-dessous des bancs à Orbitolites, un banc parfaitement distinct et indépendant (n° 3), caractérisé par la présence des *Sphærulites foliaceus* et *Caprina adversa*, qui, jusqu'à ce jour, ont été considérés comme supérieurs à la craie de Rouen.

L'assimilation des argiles qui nous occupent aux argiles à *Ostrea vesiculosa* du bassin de Paris, fondée sur celle des grès à Orbitolines à la craie de Rouen, attend donc de nouvelles preuves pour être incontestablement établie.

Si, dans la région septentrionale comprise entre l'Océan (île d'Aix, Fouras) et les rives de l'Isle (Sarliac), la constitution des premières assises de la craie accuse une identité d'action dont le degré de puissance seul a varié, au delà de cette limite, vers le S.-E., on ne trouve plus, à la base de l'étage, ni les roches, ni la faune qui caractérisent la période franchement cénomaniennne. Aux sables et aux grès marins qui en ont marqué le début se substituent des calcaires reposant sans intermédiaire sur les terrains antérieurs. L'analyse de ces roches ne nous a révélé que dans la commune de Veyrines (Dordogne) et à Duravel (Lot) des traces de sable pulvérulent et de glauconie anhydre noirâtre. Leur faune est identique dans les diverses localités où se constate leur présence; elle ne diffère que par sa richesse, et caractérise les bancs que l'on voit dans la Charente et la Charente-Inférieure, au Port-des-Barques, notamment, succéder aux dernières assises à *Caprina adversa*. Ce sont les couches de transition alternativement rattachées à l'étage cénomanien ou à l'étage turonien, d'Orb., et que nous avons cru devoir comprendre dans le premier.

Entre cette formation supérieure aux couches par lesquelles débute la craie au N. de l'Isle, d'une part, et le terrain jurassique de l'autre, s'intercalent sur certains points, dans le Sarladais, les argiles que nous avons étudiées.

Faunes. — Deux faits principaux ressortent de l'étude des faunes : assimilation plus complète, au N. du bassin, des cou-

ches inférieures de la craie avec celles des grès du Mans (1); apparition avec la *Caprina adversa* du genre Radiolite, qui paraissait ne prendre naissance que dans l'étage Turonien. Le *Radiolites cornupastoris*, que nous avons recueilli à l'île Madame, à Saint-Savinien et dans la Charente, à ce niveau, se développe jusqu'au sommet de la craie moyenne et couronne les assises les plus élevées des calcaires à Hippurites. Peut-être la découverte de ce rudiste dans les calcaires à Ichthyosarcolites ne sera-t-elle pas sans influence sur la détermination de l'âge de certaines couches des autres bassins, notamment dans le midi de la France.

Les rudistes occupent, dans cette période, un niveau nettement défini; ainsi que nous l'avons dit plus haut, ils abandonnent brusquement le bassin au S.-O., au moment de l'invasion des couches à *Terebratella carentonensis*, et ne reparaisent pas pendant toute la durée du système qu'elles ont inauguré.

Ils se retrouvent en revanche au sein de la plupart des couches inférieures, associés aux Échinodermes qui leur ont en partie survécu.

Les *Sphærulites foliaceus* et *S. triangularis* paraissent cependant spéciaux aux grès et aux bancs inférieurs à Ichthyosarcolites; nous ne les avons jamais rencontrés au niveau des grès et des argiles à *Ostrea columba*, *O. biauriculata*, *O. flabellata*, qui forment un horizon précieux dans la craie du S.-O. région nord, ni dans les couches qui leur ont succédé; le *Sphærulites Fleuriausi* franchit cette limite et se retrouve avec les Caprines dans les bancs supérieurs à Ichthyosarcolites.

CRAIE MOYENNE.

Limite inférieure. — La craie moyenne prend naissance immédiatement au-dessus des assises que nous venons d'étudier; si dans la région E. et S. E. du bassin elle ne se distingue pas à la base par une modification tranchée du caractère minéralogique par tous les points, elle se sépare partout nettement au sommet de l'étage qui lui a succédé. Les géologues qui l'ont étudiée en ont unanimement fixé la limite supérieure

(1) Le *Turrilites costatus* a été recueilli dans les grès de Rochefort par M. Boreau, et dans les calcaires inférieurs à Ichthyosarcolites, à Angoulême, par M. de Rochebrune.

entre les derniers bancs à *Hippurites cornuvaccinum* et les premières couches à *Ostrea auricularis*; telle est la division adoptée par d'Orbigny, d'Archiac, Manès et Coquand. Nous avons, dans une note antérieure (*Bull. Soc. géol.*, t. XIX, p. 465 et suiv.) exposé la même opinion avec les motifs qui la déterminent; cette appréciation n'a point été ébranlée par nos observations postérieures, bien que quelques-unes des considérations sur lesquelles nous l'avons appuyée ne paraissent pas devoir se maintenir avec leur caractère absolu.

D'une part, en effet, l'étude attentive des faunes montre que le renouvellement n'a pas été aussi complet qu'il semble l'être au premier abord, et, de l'autre, les discordances apparentes de stratification que nous avons indiquées proviennent, ainsi qu'il résulte de recherches plus approfondies, d'accidents postérieurs au dépôt de l'étage Sénonien. Ainsi, la discordance du parc de Cognac (t. XIX, pl. XI, f. 5) trouve son explication dans l'effet mécanique produit par le relèvement considérable de la craie à sa limite N., distante à peine de 3 kilomètres sur ce point.

De même, la discordance constatée à Gourde-de-l'Arche (pl. XI, fig. 4 et 6) a pour cause un double mouvement de dislocation : le premier produit par la fracture qui a ouvert en ligne droite la vallée de l'Isle de Mussidan à Gourde-de-l'Arche, et rejeté de chaque côté de la vallée les couches crétacées; ce soulèvement aboutit directement à la tranchée, au point *a* fig. 4, et a relevé en ce point les bancs à *Hippurites cornu vaccinum*; le deuxième provenant d'une protubérance presque perpendiculaire qui part du S.-E. de la Dordogne, passe par Saint-Cyprien, Saint-Cirq, les carrières de Chancelade, la source de la Touvre, près d'Angoulême, et se prolonge jusqu'à Aigre dans la Charente.

Mais si les bouleversements qui ont ainsi modifié les relations des étages sont reconnus postérieurs à leur dépôt, ils n'en fournissent pas moins, à un autre point de vue, la confirmation de leur indépendance respective. C'est en effet précisément au point de contact de ces étages que s'en est opérée la division; les couches variées de chacun d'eux, maintenues dans leurs rapports pour chaque étage considéré isolément, ont perdu par l'effet de cette modification leur relation naturelle avec l'étage voisin. Ce fait trouve son explication dans la nature des couches par lesquelles débute la craie supérieure; caractérisées sur presque tous les points du bassin par des grès

généralement friables ou par des marnes, ces couches ont rencontré, dans la force qui a provoqué le soulèvement, une puissance supérieure à leur cohésion, et ont servi entre les deux étages de plan de glissement; de là, la transgressivité apparente de l'étage sénonien.

Quoi qu'il en soit, restreinte au bassin qui nous occupe, cette division trouve dans l'observation directe une complète justification.

Sur tous les points, en effet, aux roches variées de la craie moyenne, ont brusquement succédé des formations manifestement littorales, attestant la modification générale qui s'est traduite par leur dépôt. Les nombreux rudistes qui se développent jusqu'au sommet de la craie moyenne ont subitement disparu; la faune, dans sa généralité, a subi une modification profonde, annoncée déjà par l'apparition de quelques-unes de ses sentinelles avancées dans l'étage précédent; enfin, des influences locales nouvelles se sont substituées à celles qui avaient déterminé la diversité des premiers dépôts de la craie inférieure et de la craie moyenne. Si l'on suit la frontière septentrionale de la craie, on constate que, — tandis que dans la première période les argiles et les grès inférieurs ont eu pour limite la rivière de l'Isle en amont de Périgueux, — que dans la seconde les bancs à Ammonites ont subi près de Mareuil les premières modifications minéralogiques qui en ont entraîné plus au sud la confusion avec les dépôts postérieurs, — dans l'étage sénonien la substitution des marnes de la région méridionale aux grès de la région septentrionale, base de la craie supérieure, s'est opérée sur un autre point dans le voisinage de Fontamiel, commune de Lignieux.

L'extension de cette division, en dehors des limites du bassin du S.-O., est d'ailleurs généralement admise, bien qu'elle rencontre encore quelques contradicteurs. M. Bourgeois (*Bull. Soc. géol.*, t. XIX, p. 652) a cru devoir associer dans le bassin ligérien les couches à *Spondylus truncatus* à la zone à *Ammonites peramplus*.

M. Reynès, au contraire (*De l'étage dans la formation crétacée*), rattache les calcaires à Hippurites aux couches à *Micraster brevis* (Coniacien et Santonien de M. Coquand).

Nous pensons que ces deux théories, qui s'excluent mutuellement, ne peuvent prévaloir contre l'opinion généralement accréditée.

Nous avons expliqué plus haut comment l'observation géo-

graphique est en opposition directe avec le système de M. Bourgeois. Ce système a d'ailleurs été battu en brèche par M. Guiliier (*Bull. Soc. géol.*, t. XX, p. 101) avec les éléments mêmes du mémoire de M. Bourgeois ; une étude plus approfondie paraît inutile.

M. Reynès se fonde, pour justifier la division qu'il propose, — sur la récurrence des faunes, — le passage des espèces d'un étage dans l'autre, — l'absence dans le bassin parisien et dans le bassin ligérien d'un équivalent des bancs à *Hippurites cornu vaccinum*. Ces considérations sont-elles décisives ?

Si l'on s'en tenait à une discussion théorique, la récurrence des faunes paraîtrait devoir entraîner une conséquence inverse et rattacher à l'étage inférieur, à la zone à *Hippurites cornu vaccinum*, l'ensemble des couches où cette faune se reproduit. Les bancs à *H. cornu vaccinum* débutent en effet avec leur faune propre, et ne reçoivent que plus tard, accidentellement, les premiers représentants de celle qui leur doit succéder. Nous ne pensons cependant pas qu'on doive en tirer cette conséquence absolue : de la récurrence des faunes, du passage des fossiles d'un étage dans l'autre, peut naître une difficulté de déterminer le point précis où finit la première période ; il n'en résulte pas la nécessité de les confondre. Le développement des études géologiques, la multiplicité des points observés, nous réservent certainement plus d'une constatation de cette nature. Les bouleversements qui ont présidé au renouvellement des étages crétacés n'ont pas exercé partout une influence identique ; leurs effets subits et radicaux, sur certains points, ont été limités, atténués à une certaine distance ; là, une lutte s'est établie entre l'état de choses antérieur et celui qui devait succéder ; cette lutte a eu des phases diverses, s'est caractérisée par le triomphe alternatif de l'action et de la résistance, jusqu'au moment où le système le plus ancien a disparu sans retour. Le résultat définitif n'est point une fusion ; c'est, dans un sens général, une substitution.

Ces considérations expliquent le passage des espèces d'un étage dans l'autre, passage qu'on peut constater avec certitude, pour certaines d'entre elles, dans le bassin du S.-O., de la base au sommet ; mais de ce fait isolé on ne peut déduire un motif péremptoire d'association des couches qui les recèlent.

L'absence des calcaires à rudistes dans les bassins parisien et ligérien, loin de fournir un argument en faveur de l'association de ces calcaires à la craie supérieure, indique certaine-

ment, entre leurs dépôts respectifs, l'existence d'une modification qui a ouvert à ces bassins émergés, pendant la période antérieure, l'accès des mers sénoniennes.

Limite inférieure. — Si dans le nord du bassin la période turonienne est nettement séparée sous le rapport minéralogique de celle qui l'a précédée, l'altération pétrographique des bancs à Ammonites s'oppose, comme nous l'avons dit, à la fixation d'une ligne saillante de démarcation au S. Cette confusion entre deux couches contiguës n'a d'ailleurs qu'une importance secondaire, et l'incertitude cesse à l'apparition de l'assise qui leur succède.

L'étage turonien, tel que nous le limitons, est-il représenté dans le bassin ligérien? Si notre division est rationnelle, la question offre un certain intérêt, à raison du nom même donné par d'Orbigny à cette période.

Les divisions proposées par M. Bourgeois dans le mémoire précité, semblent, au premier abord, provoquer une solution négative. En effet, d'une part, les deux premières zones, turonien inférieur et turonien moyen, paraissent devoir, dans leur ensemble, être rattachées au cénomanien, tel qu'il est constitué dans le S.-O., ou tout au moins être démembrées du turonien; et de l'autre, le turonien supérieur appartient incontestablement au sénonien inférieur de d'Orbigny. Nous pensons néanmoins que nos premières assises turoniennes (étage angoumien inférieur de M. Coquand) peuvent exister dans le bassin ligérien, privé seulement des bancs à rudistes qui les recouvrent. Si cette supposition, qui paraît devoir résulter du mémoire de M. Bourgeois, est exacte, il y aurait lieu d'y rapporter, dans la coupe du Cher, p. 659, les quatre couches supérieures, numéros 3, 4, 5, 6 de la zone à *Ammonites peramplus*, les couches 6 et 7 de la colline de Villedieu, p. 661, les couches 2, 3 et 4 de la coupe des Essards, le numéro 1 pouvant être rapporté à la base de l'étage sénonien.

Le caractère minéralogique, la faune à *Callianassa Archiaci*, les rapprochent d'une manière frappante des couches du S.-O. que nous leur assimilons provisoirement.

Faunes. — La faune de la craie moyenne n'a pas succédé sans transition, nous l'avons déjà dit, à celle de la craie inférieure. Indépendamment des espèces qui, telles que l'*Orthopsis miliaris*, traversent dans le S.-O. l'entière série des couches crétacées, nous avons déjà constaté dans les couches supérieures de la première période l'existence de plusieurs des fos-

siles qui caractérisent la seconde; c'est ainsi que les bancs à Ammonites nous ont montré, entre autres :

Periaster oblongus, d'Orb.; *Trigonia scabra*, d'Orb.; *Cardium alternatum*, d'Orb.; *Arcopagia numismalis*, d'Orb.; *Myoconcha cretacea*, d'Orb.; *Crassatella regularis*, d'Orb.; *Pleurotomaria Gallienni*, d'Orb.; *P. turbinoides*, d'Orb.; *Ostrea diluviana*, Linné, etc., associés à leur faune propre.

La craie moyenne est susceptible sur tous les points du bassin d'une division naturelle comprenant d'une part, immédiatement au-dessus des bancs à Ammonites, des calcaires blancs, gélifs, lithographiques à la base, grenus à la partie supérieure, que peuple le *Periaster oblongus*, — et de l'autre les calcaires à rudistes.

La première de ces sous-divisions présente, avec quelques rudistes, une faune assez développée, où se rencontrent un assez grand nombre d'espèces communes à la zone à Ammonites *peramplus*, décrite par M. Bourgeois.

Les Échinodermes y sont représentés par :

Orthopsis miliaris, Cott.; *Cyphosoma regulare*, Ag.; *C. Orbignyianum*, Cott.; *C. perfectum*, Cott.; *C. Bourgeoisi*, Cott.; *C. girumense*, Des.; *Cidaris perlata*, Sor.; *C. sceptrifera*, Mant.; *C. subvesiculosa*, d'Orb.; *Goniopygus Menardi*, Ag.; *Holactypus turonensis*, Des.; *Nucleolites parallelus*, Ag.; *Periaster oblongus*, d'Orb.; *Micraster Michelini*, Ag.; *Catopygus*, nov. sp.; *Hemiaster Verneuili*, Des. (1).

On y trouve associés :

Callianassa Archiaci, Milne Edw.; *Actæonella crassa*, d'Orb.; *Natica subbulbiformis*, d'Orb.; *Pterodonta intermedia*, d'Orb.; *P. elongata*, d'Orb.; *Cerithium gallicum*? d'Orb.; *Pleurotomaria Gallienni*, d'Orb.; *P. turbinoides*, d'Orb.; *Voluta Guerangeri*, d'Orb.; *Rostellaria Noueliana*? d'Orb.; *Pholadomya ligeriensis*, d'Orb.; *Arcopagia numismalis*, d'Orb.; *Crassatella regularis*, d'Orb.; *Venus subplana*, id.; *Cyprina Noueliana*, id.; *Trigonia scabra*, Lk.; *Cardium alternatum*, Sow.; *C. productum*, Sow.; *C. guttiferum*? Math.; *Pectunculus Bourgeoisianus*, d'Orb.; *Arca*

(1) Nous n'osons affirmer que l'*Hemiaster Verneuili* existe à cet horizon; tous les exemplaires recueillis nous paraissent devoir être rattachés au *Periaster oblongus* dont le fasciole latéral n'est apparent que dans des circonstances de lavage naturel difficiles à rencontrer; cet échinoderme, dont quelques individus sont associés au *P. conicus* dans les bancs à Ammonites, paraît passer seul dans les couches supérieures.

Noveliana, d'Orb.; *Myoconcha cretacea*, d'Orb.; *Mytilus divaricatus*? d'Orb.; *Lima subabrupta*, d'Orb.; *L. ornata*, d'Orb.; *Pecten squamulatus*, Duj.; *Janira quadricostata*, d'Orb.; *J. substriatocostata*, d'Orb.; *Ostrea columba*, Desh.; *O. Rochebruni*, Coq.; *O. Arnaudi*, Coq.; *Chama Archiaci*, d'Orb.; *Terebratula lenticularis*, Arn., etc., et une grande quantité de bryozoaires.

On y remarque déjà quelques spécimens des genres *Radiolite*, *Sphérulite* et *Hippurite*, auxquels il faut ajouter le genre *Caprine*, près de Bussac (Charente-Inférieure).

Considérée dans son ensemble, cette faune revêt d'ailleurs un faciès santorien digne d'être noté.

Les calcaires à rudistes se distinguent facilement au nord par leur structure et leur faune de ceux qui les ont précédés. Confondue à l'O., dans le département de la Charente-Inférieure, leur faune se dédouble en avançant vers l'E. Les grands Hippurites, associés à Bussac aux *Radiolites lumbricalis*, s'en détachent et caractérisent des assises plus élevées dont la puissance s'accroît à mesure qu'on se dirige vers le S. Les bancs à *Radiolites lumbricalis*, bien représentés jusqu'aux environs de Périgueux, disparaissent brusquement au passage de l'Isle, et les calcaires à *Periaster oblongus* se séparent alors par des sables plus ou moins agrégés des calcaires arénacés ou marneux qui couronnent la craie moyenne.

La faune des calcaires à rudistes scindés en étages angoumien et provencien présente entre ces deux horizons plus d'un lien paléontologique : l'*Hippurites organisans* se trouve associé au *Radiolites lumbricalis* partout où se trouve ce dernier rudiste : à Bussac, l'*Hippurites dilatatus* vient s'y réunir : dans la Charente, la Charente-Inférieure et la Dordogne, un grand Sphérulite à développement horizontal, voisin du *Sphærolites foliaceus* et que nous désignons sous le nom de *Sphærolites patera*, passe des mêmes assises aux couches provenciennes : le *Radiolites cornu pastoris*, le *R. angulosus* suivent la même évolution et se retrouvent dans la Charente, la Dordogne, le Lot et le Lot-et-Garonne, jusqu'au sommet de la craie moyenne dont le *Sphærolites sinuatus* paraît caractériser les derniers dépôts.

Les premiers représentants de la faune sénonienne elle-même apparaissent au sein des couches à *Hippurites cornu vaccinum*. Ils sont particulièrement répandus dans la zone à *Sphærolites sinuatus*.

Parmi les espèces communes à ces deux périodes, nous citerons :

Actæonella crassa, d'Orb.; *Turritella Bauga*, d'Orb.; *Pleurotomaria turbinoides*, d'Orb.; *Pterodonta... inflata?* d'Orb.; *Myconcha cretacea*, d'Orb.; *Trigonia longirostris*, d'Orb.; *Venus subplana*, d'Orb.; *Capsa discrepans*, d'Orb.; *Arcopagia numismalis*, d'Orb.; *Arca Archiaci*, d'Orb.; *A. santonensis*, d'Orb.; *Mitylus divaricatus*, d'Orb.; *Crassatella regularis*, d'Orb.; *Clavagella ligeriensis*, d'Orb.; *Cyprina ligeriensis*, d'Orb.; *Cardium alternatum*, d'Orb.; *Isocardia Renauxiana*, d'Orb.; *Janira substriatocostata*, d'Orb.; *Ostrea Santonensis*, d'Orb.; *O. Salignaci*, Coq.; *O. Matheroni*, d'Orb.; *O. turonensis*, d'Orb.; *O. vesicularis*, Lk.; *Orthopsis miliaris*, Cott.; *Holctypus turonensis*, Ag.; *Cyphosoma Bourgeoisii*, Cott.; *C. Delaunayi*, Cott.; *Hemiaster nasutulus*, Des.; *Micraster laxoporus*, d'Orb.

Les couches d'âge distinct qui renferment une partie de cette faune commune, sont quelquefois immédiatement superposées, comme on peut le voir à Saint-Cirq (fig. 3), où la nature même de la roche fournit entre elles un nouvel élément d'analogie. Mais la distinction en est facile au premier aspect par la coloration des calcaires marneux qui se sont succédés, par la disparition immédiate et complète des rudistes et par l'existence au point de contact, d'une trainée pyriteuse qui noircit la surface de la craie moyenne et la sépare de celle qui la suit.

Quoique cette période inaugure une nouvelle direction des dépôts crétacés, nous avons suivi l'ordre des coupes de la craie inférieure pour en faciliter le raccordement avec le tableau précédent.

M. Hébert présente une note qu'il vient de publier sur le grès à combustible de la Suède méridionale, et donne une analyse de ce travail.

M. Gervais annonce que le reptile trouvé à Lodève appartient probablement au même genre que celui qui porte dans le musée de Stuttgart le nom de *Zanclodon*.

M. Pellat fait observer que l'arkose de la Bourgogne est séparée des grès à végétaux par les marnes irisées gypsifères.

M. Tardy rappelle la coupe que M. Dieulafait a relevée avec lui à Robiac (Gard). Cette coupe (séance du 11 janvier 1869, t. XXVI, p. 430) montre, sous les assises à *Avicula con-*

torta (n° 34), une série de marnes et de calcaires de 22 mètres d'épaisseur (n°s 33 à 12), puis un banc de grès fin ocreux friable de 1 mètre (n° 11), et plus bas, au-dessous des n°s 10 et 9, une série de petits bancs marneux noirs avec traces végétales (n°s 8 à 5). Plusieurs autres coupes du mémoire de M. Dieulafait indiquent aussi cette couche de marnes noires.

M. Hébert expose les résultats généraux de ses études sur la craie de la Scandinavie.

M. Deshayes fait observer qu'il est très-facile de reconnaître des fossiles de Ciply dans ceux figurés et décrits par M. Nillson.

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante de M. E. Desor, extraite d'une lettre adressée par l'auteur à M. Ed. Collomb.

Note sur les terrains de transport de la vallée de la Durance ;
par M. E. Desor.

Les observations qui suivent remontent à plusieurs années. Elles ne sont que le résultat d'une course rapide faite dans la grande vallée de la Durance, en compagnie de notre ami commun, M. Ch. Martins, et ne sauraient dès lors avoir la prétention de résumer le caractère erratique de cette partie des Alpes. Elles n'ont d'autre but que d'appeler l'attention des géologues français sur la position et l'âge de certains dépôts, qui, mal interprétés, pourraient faire naître des doutes sur la succession des événements géologiques depuis l'époque tertiaire. J'espère montrer que les phénomènes erratiques de la Durance ne sont pas en désaccord avec ceux que l'on observe dans toutes les autres vallées du massif alpin et que M. Ed. Collomb si puissamment contribué à élucider.

Une vallée aussi considérable que celle de la Durance, qui prend son origine au centre même des Alpes et descend tout d'une venue presque jusqu'à la mer, sans rencontrer sur son passage aucun lac ni aucune nappe d'eau propre à recevoir ses cailloux et ses limons, une pareille vallée doit être favorisée

sous le rapport des terrains de transport. C'est en effet le cas. Depuis sa source jusqu'à son confluent avec le Rhône, la vallée de la Durance est flanquée de dépôts meubles de forme et de composition minéralogique très-diverses.

Cette variété de dépôts de transport, y compris les cailloux de la Crau qui s'y rattachent, avait déjà été signalée bien avant qu'on ne songeât à invoquer les glaciers comme moyen de transport. M. Élie de Beaumont les divisait dès 1828 en :

1° Terrains de transport anciens ;

2° Terrains de transport récents ou terrains alluviers, auxquels il rattache les cailloux de la Crau.

Les terrains de transport récents auraient pour caractère d'être horizontaux et composés d'une grande variété de roches alpines.

Les terrains de transports anciens, au contraire, seraient relevés et composés essentiellement de calcaires.

La théorie glaciaire une fois admise, on ne pouvait se dispenser de tenir compte de ces phénomènes. Ce fut M. Rozet qui s'en occupa le premier au point de vue nouveau. Il rapporta les dépôts meubles de la Durance à trois catégories, qui sont :

1° Le diluvium ;

2° Les dépôts glaciaires ;

3° Les alluvions actuelles.

Le diluvium, pour M. Rozet, gît à la fois dans le fond de la vallée, sur les flancs des montagnes et sur certains plateaux dont l'altitude ne dépasse guère 1300 mètres. « Dans le fond des vallées, les strates, dit-il, sont généralement horizontaux ; sur le flanc des montagnes et sur les plateaux, ils sont toujours plus ou moins inclinés, ce qui prouve qu'ils ont été disloqués depuis leur dépôt (1). »

Quant aux moraines, M. Rozet en a observé entre la vallée du Drac et celle de la Luye, au nord de la route d'Embrun et le long de celle de Grenoble à Gap. Quoique la distance des anciennes moraines au glacier du Pelvoux soit assez considérable (de 40 à 50 kilomètres), elle est cependant peu de chose comparativement à la distance qui sépare, en Suisse, les anciennes moraines des glaciers actuels. Il y avait lieu dès lors de s'assurer si réellement les traces de l'ancien glacier de la Durance ne dépassaient pas les limites que leur assigne M. Rozet. Mais avant tout il importe de bien définir ce que l'on entend par terrain diluvien.

(1) *Bulletin de la Société géologique*, t. IX, p. 424.

En Suisse, il n'existe nulle part, à notre connaissance, de terrains quaternaires redressés. L'horizontalité y est un caractère tellement constant des terrains quaternaires que, s'il se trouvait quelque part un conglomérat sur l'âge duquel on fut incertain, il suffirait de constater qu'il est soulevé quelque part pour le faire rentrer dans la catégorie des terrains tertiaires (2).

Dans la vallée de la Durance, au contraire, on signalait de « puissants dépôts de transport » relevés sous des angles de 30°, 40° et 70° et qui semblaient attester un ridement considérable du sol, survenu pendant la période quaternaire et par conséquent *après* le retrait des anciens glaciers. Voilà donc une différence capitale, et l'on conviendra qu'une anomalie pareille méritait bien un nouvel examen. Enfin nous ne pouvons pas ne pas consacrer quelque attention aux cailloux de la Crau qui constituent un phénomène si exceptionnel parmi les terrains quaternaires. Notre programme comprenait ainsi trois questions, savoir :

1° Le rôle des plaines de la Crau et de la Camargue dans la série des terrains quaternaires ;

2° La signification de ces soi-disant terrains de transport (Élie de Beaumont) ou diluviums (Rozet) redressés ;

3° L'extension réelle des anciens glaciers dans la vallée de la Durance.

M. Martins ayant parlé de la Crau et de la Camargue au point de vue erratique (1), je ne m'y arrêterai pas ici. Qu'il me suffise de rappeler que nous avons reconnu, comme M. Élie de Beaumont, que les cailloux quartzeux de la Crau se lient intimement au diluvium proprement dit de la Durance, et que cette liaison s'effectue par la grande coupure ou cluse dite *de Lamanon*.

Les limites des anciens glaciers ont aussi été depuis lors l'objet de recherches spéciales, en sorte que je me bornerai au second point, celui des soi-disant terrains de transport de la vallée de la Durance qui devaient exciter d'autant plus notre intérêt, qu'ils semblent en opposition avec tout ce que nous

(1) Il faut en excepter cependant certains dépôts de rivières présentant une structure irrégulière, que l'on désigne sous le nom de « stratification torrentielle, » et où il existe quelquefois des couches très-inclinées à côté d'autres horizontales.

(1) Du Spitzberg au Sahara.

avaient enseigné nos études sur les terrains quaternaires d'autres pays. En Suisse, en particulier, il n'existe non-seulement aucun indice de soulèvement de montagnes pendant la période quaternaire, mais les derniers terrains soulevés appartiennent à la série molassique, et de plus, ils ont été redressés par la chaîne des Alpes centrales, la même à laquelle M. Élie de Beaumont attribue le soulèvement des soi-disant terrains de transport anciens de la Durance. Et s'il en est ainsi, comment expliquer que le même soulèvement ait affecté des terrains si différents dans les deux pays et en particulier qu'il ait laissé intacts les nombreux terrains quaternaires de la Suisse, tandis qu'il redressait ceux de la Durance? De deux choses l'une, ou bien ce n'est point le soulèvement des Alpes centrales qui a redressé les grands dépôts de cailloux calcaires de la Durance, ou bien ces dépôts ne sont pas des dépôts diluviens ou de transport ancien, mais remontent à une époque plus reculée.

Passons maintenant aux faits. La Durance, dans son cours inférieur, est flanquée de dépôts meubles qui sont adossés contre les parois de molasse et forment des terrasses assez régulières. Ces dépôts, bien que différents des atterrissements modernes de la rivière et moins homogènes, trahissent cependant un certain triage qui atteste l'action des eaux. Il y a des zones de très-gros galets alternant avec des bases de cailloux plus petits et de sable ou de gravier. Les gros galets sont en grande partie quartzeux, comme ceux de la Crau, avec le même mélange de cailloux de granit à feldspath rose et de poudingues à noyaux rouges. Les cailloux calcaires seuls sont un peu plus nombreux. Enfin ces dépôts sont surmontés en bon nombre d'endroits (Cadenet et vers Pertu) par un limon arénacé jaune qui a tout à fait l'apparence du loess, quoique nous n'y eussions pas rencontré de coquilles d'eau douce.

Nul ne saurait voir dans ces dépôts autre chose que le produit des eaux, à une époque où celles-ci atteignaient un niveau beaucoup plus considérable que de nos jours. Ce sont comme les dépôts analogues de la vallée du Rhin, du Rhône et de toutes les grandes vallées des Alpes, de véritables *terrains diluviens* dont les matériaux ont été sinon transportés, du moins arrangés et remaniés par les eaux. Il faudrait être peu familier avec l'aspect des phénomènes erratiques pour vouloir y voir des moraines.

mesure qu'on franchit la célèbre et pittoresque gorge ou-

verte dans les terrains jurassiques et connue sous le nom de *Pertuis de Mirabeau*, à travers laquelle la Durance se fraye un passage pour gagner Peyrolles et la ville de Pertuis, les phénomènes erratiques se compliquent. Entre la molasse et les dépôts diluviens qui continuent à former des terrasses régulières d'une élévation modérée, on voit apparaître de puissants massifs de dépôts caillouteux d'aspect un peu différent, formant une sorte de béton composé essentiellement de galets calcaires. C'est le *terrain de transport ancien* de M. Élie de Beaumont, le *diluvium redressé* de M. Rozet, le même qui, sur la carte géologique de France, se trouve indiqué comme *pliocène*. Ce terrain acquiert son plus grand développement sur la rive gauche de la vallée, où il forme le long des rives de l'Asse un vaste plateau qui vient se terminer dans les magnifiques falaises des Mées au bord de la Durance.

Ces falaises, qui ont ici plus de 100 mètres de hauteur, sont composées de cailloux, mais au lieu de cailloux de quartz, ce sont des cailloux calcaires, d'une taille assez uniforme et médiocrement cimentés ; mais ce qui les distingue surtout, c'est qu'ils sont généralement *impressionnés*. Ce caractère est tellement commun dans cette localité, qu'il ne peut manquer de frapper l'œil le moins exercé. Il n'est que peu de cailloux qui soient parfaitement intacts. La plupart ont deux ou trois impressions et davantage. Il est évident que ces caractères ne pouvaient être accidentels, ni l'effet de quelque cause locale. Déjà nous pressentions que les difficultés que les terrains de transport de la Durance avaient offertes jusque-là, pourraient bien provenir de ce que l'on avait confondu sous une même appellation des terrains d'âge très-différent. Nous suivîmes par conséquent avec un intérêt croissant les allures de ce terrain à cailloux impressionnés. Jusqu'au village de la Brillaune, on ne trouve que des dépôts horizontaux ; mais en avant de ce village, on voit tout à coup les marnes caillouteuses se redresser sous un angle de 30° et au-delà. Nous ne tardâmes pas à nous assurer que ces masses étaient composées de cailloux calcaires et impressionnés comme ceux des Mées (quoique les impressions soient ici moins fréquentes), tandis que les amas diluviens avec cailloux de quartz restaient horizontaux. Dès lors les deux dépôts ne pouvaient être contemporains, et M. Élie de Beaumont avait eu raison de placer entre eux un soulèvement. On sait en effet que d'après la théorie du savant auteur de la carte de France, c'est ici que vient se ranger le soulèvement des Alpes centrales, qui est censé postérieur à

celui des Alpes occidentales lequel aurait soulevé la molasse.

Comment faire concorder ces données avec les faits observés en Suisse où la chaîne principale des Alpes n'a nulle part soulevé des terrains plus récents que la molasse et la *nagelfluë*? Sans nous préoccuper des préoccupations générales qu'on fait valoir à l'appui de ce double soulèvement des Alpes (dont l'un aurait agi d'une manière tout à fait exceptionnelle en France, en soulevant des dépôts d'une époque qui partout ailleurs sont restés intacts), nous jugeâmes qu'il valait mieux, pendant que nous étions sur les lieux, nous assurer si les conglomérats redressés de la Brillaune étaient réellement aussi récents que le suppose la théorie, et en particulier s'ils étaient discordants avec la molasse.

Nous nous arrê tâmes à cet effet à la localité signalée par M. Élie de Beaumont, au pont du Pastre, près de la Brillaune, où le redressement des couches de cailloux est très-distinct. Remontant le chemin qui longe le ravin conduisant au pont, nous cheminâmes quelque temps le long de ces couches redressées, ce qui nous permit d'en apprécier la puissance considérable qui est de quelques centaines de mètres. Bientôt cependant, nous arrivâmes à un point où les cailloux font place à la molasse. C'est ici qu'aurait dû se montrer la discordance. Au lieu de cela, nous remarquâmes le plus parfait parallélisme entre les couches de cailloux et les couches de grès. Il était évident que les deux avaient été redressés par une seule et même action. Aussi bien, il existe entre eux une liaison étroite, et le passage du grès au conglomérat, loin d'être brusque, s'effectue graduellement, par l'intermédiaire d'un banc de cailloux qui vient s'intercaler entre les derniers bancs de grès. Il est évident que les bancs de cailloux et les bancs de grès ne représentent ici que deux formes d'un seul et même terrain qui se sont succédées sans qu'il y ait lieu d'admettre entre eux un bouleversement général ou partiel de la croûte terrestre, pas plus qu'on ne le supposerait dans la formation houillère, lorsqu'on passe des conglomérats aux schistes ou aux bancs de houille.

Il nous a paru que nous avions sous les yeux la répétition du même phénomène qui s'observe en Suisse au contact de la molasse avec la *nagelfluë* supérieure de l'Ulliberg et des environs de Zurich. Ici comme là, c'est la molasse qui passe insensiblement à la gompholithe. Cette analogie est en outre corroborée par le fait que les cailloux calcaires du pont du Pastre,

sont impressionnés comme ceux des Mées. Or l'on sait que ces curieuses impressions caractérisent en Suisse les conglomérats *miocènes*, tandis qu'ils sont jusqu'ici étrangers aux dépôts quaternaires. Il en est résulté pour nous la conviction que les conglomérats calcaires de la vallée de la Durance ne peuvent et ne doivent pas être séparés de la molasse, que leur redressement a été effectué par le même soulèvement qui a relevé la molasse sous-jacente. Or comme la direction de ces ridements du conglomérat calcaire coïncide avec celles des chaînes du Leberon, de Lure, de la Sainte-Beaume qui est aussi celle des Alpes suisses, nous pensons avec M. Elie de Beaumont que c'est bien à la chaîne des Alpes centrales qu'il faut rapporter leur soulèvement. Seulement, au lieu d'être survenu pendant l'époque des terrains de transport (diluvien de M. Rozet), ce soulèvement remonterait à une époque plus ancienne, à la fin de l'époque *miocène*. Dans la Durance comme en Suisse, ce grand soulèvement n'aurait de la sorte affecté que des terrains tertiaires, et nous n'aurions pas plus en France qu'ailleurs en Europe des traces d'un soulèvement de montagne quaternaire. Or, du moment qu'il est acquis que les conglomérats calcaires, avec cailloux impressionnés de la Durance, rentrent dans la catégorie des terrains tertiaires, l'hypothèse d'un soulèvement alpin postérieur à celui de la molasse se trouve par cela même dépourvu de base. Au lieu de deux grands soulèvements, nous n'en avons plus qu'un seul, le soulèvement de la grande chaîne des Alpes qui a formé du même coup les chaînes de la Provence, celles de Lure, du Liberon, les ridements subordonnés de la molasse et du *nagelfluë*, et qui a, en même temps, donné au Jura occidental son relief actuel.

Le soulèvement des Alpes occidentales n'a pas de raison d'être. Il est purement imaginaire (1).

Je compte revenir sur ce sujet dans une autre occasion et montrer que la direction des montagnes, lorsqu'elle n'est pas appuyée par des observations stratigraphiques ne saurait être un guide sûr pour l'étude de l'âge des montagnes.

(1) Le fait d'un soulèvement unique demeure intact quand même on démontrerait que les conglomérats calcaires avec cailloux impressionnés rentrent dans la formation *pliocène*, au lieu d'être *miocènes*. On se rappelle que, d'après M. Rozet, le *miocène* et le *pliocène* de la Durance auraient été soulevés ensemble (*Bull.*, t. XI, p. 288).

Séance du 15 novembre 1869.

PRÉSIDENTE DE M. DE BILLY.

M. Bioche, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée après quelques observations de M. Levallois.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

MM.

BARDILLON (l'abbé Amédée), au château des Esmyards, par Brandon (Saône-et-Loire); présenté par MM. Collomb et A. Ferrand de Missol.

DRU (Léon), rue Rochechouart, 69, à Paris; présenté par MM. Hébert et Collomb.

FRÉMINVILLE (Jules de), au château de Saint-Micaud, par Joney (Saône-et-Loire); présenté par MM. de Rosemont et de Billy.

GENREAU, ingénieur des mines, à Pau (Basses-Pyrénées); présenté par MM. Daubrée et de Verneuil.

LEDAGRE (Th. L. H.), chimiste, rue Piat, 9, à Paris-Belleville; présenté par MM. A. Caillaux et Collomb.

NELSON-DALE, à New-York (États-Unis); présenté par MM. de Billy et Edm. Pellat.

PLANTÉ (Gaston), rue des Tournelles, 56, à Paris; présenté par MM. Hébert et Alb. Gaudry.

Le Président annonce ensuite deux présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. G. de Mortillet :

1° *Promenades au Musée de Saint-Germain. — Catalogue avec 79 figures*; in-8, 188 p.; Paris, 1869; chez C. Reinwald.

2° *Biographie de Boucher de Perthes* par E. Dally (Revue des cours scientifiques, 31 juillet 1869).

Le Président annonce à la Société la mort de M. H. de Ferry, l'un de ses membres.

L'un des vice-secretsaires donne ensuite lecture de la note suivante de M. Coquand :

Aperçu géologique sur la vallée d'Ossau (Basses-Pyrénées);
par M. H. Coquand.

1° FORMATION CRÉTACÉE.

MM. Leymerie, Magnan, Garrigou, Hébert, se sont occupés de la formation crétacée du versant septentrional de la chaîne des Pyrénées ; mais, pour des régions montagneuses et tourmentées, comme le sont les Alpes et les Pyrénées, le champ d'études est vaste autant qu'ardu, et ce n'est pas du premier coup que l'on peut espérer avoir raison des difficultés sans nombre qui se dressent devant le géologue pour arriver à une solution complète. J'ai voulu m'assurer de nouveau de quelle manière se comportait le terrain de craie dans une région que j'avais étudiée déjà en 1837, et que je n'avais plus revue depuis cette époque reculée, considérant comme suffisamment connus les points décrits par les observateurs dont je viens de citer les noms. J'ai choisi pour sujet de mes études la vallée d'Ossau dont j'ai fouillé les cimes et les contre-forts jusque dans leurs dernières ramifications, en procédant préalablement à l'examen de la craie blanche (campanien) et de la craie garumnienne des environs de Saint-Martory qu'ont si savamment illustrées les travaux de M. Leymerie.

Je n'ai point la prétention de faire à nouveau l'histoire de l'étage garumnien ; je n'ai qu'à constater le mérite et l'exactitude des observations de M. Leymerie, et à ajouter que je partage complètement sa manière de voir, c'est-à-dire, que je reconnais comme supérieur à la craie de Maëstricht les assises avec *Sphærolites Leymerii*, Bayle, *Tornatella Baylei*, Leym., *Ostrea Verneuli*, Leym., *O. garumnica*, Coq. (*depressa*, Leym.), *Cyrena garumnica*, Leym., que l'on trouve superposées au calcaire nankin qui renferme la faune de Maëstricht, et entre autres, les *Ostrea uncinella*, Leym., *O. vesicularis*, Lam., *O. auricularis*, Geinitz, *O. decussata*, Coq., *O. unguolata*, Coq. (*O. larva*), *Nerita rugosa*, Høningh., *Thecidea radiata*. Deffr.

A l'appui de cette opinion, j'ajouterai qu'en suivant, à partir des ruines du château de Montpezat jusqu'à Auzas, la base des escarpements calcaires, j'ai découvert dans les marnes grises inférieures au calcaire nankin, les *Micraster cor-anguinum*. Agass., et *Ostrea pectinata*, Lamk (*O. frons*), qui caractérisent dans le midi, ainsi que dans le nord de la France, le santorien le plus supérieur, c'est-à-dire les assises de la craie blanche placées immédiatement au dessous de la craie blanche de Meudon. Je ne vois dès lors aucun motif suffisant pour repousser une assimilation que la superposition et la paléontologie imposent d'une manière si claire. Ainsi donc, à mes yeux, les marnes à *Cyrena garumnica* constituent un étage supérieur au campanien de Meudon et de Maëstricht, et par conséquent aux lignites lacustres de Fuveau, qui sont les équivalents de la craie blanche du Nord.

Une fois parti de Pau, j'en eus à ma disposition, pour me guider dans mes explorations, que la carte géologique de la France, dont la teinte verte indique bien jusqu'au dessus d'Arudi, dans le revêtement extérieur des Pyrénées, l'existence de la craie inférieure ou moyenne, mais sans nous renseigner sur les noms des étages entre lesquels cette craie se répartit. La route des Eaux Bonnes suit d'abord la riante vallée de Nées, et dans les premiers ressauts montagneux on observe de nombreuses carrières de macigno d'où l'on extrait de belles dalles. L'éocène supérieur, que masquent aux yeux des prairies verdoyantes, repose près de Gan, sur des marnes grisâtres alternant avec des calcaires crayeux blanc-sale qui contiennent les *Micraster cor-anguinum*, *Ananchytes gibba* et *Ostrea frons*. C'est surtout dans les environs de Monin et de la Seouve que ces fossiles se rencontrent; j'ai également remarqué dans la collection de M. Saccaze à Bréost, et provenant des mêmes gisements, un Inocérane de grande taille que je n'ai pu distinguer de l'*I. Cripsii*. C'était bien là l'équivalent des marnes inférieures au calcaire nankin déjà signalées entre Auzas et Montpezat.

Dans les communes de Rebenac et de Sévignac, par lesquelles on descend dans la vallée d'Ossau, on a ouvert de nombreuses carrières dans le calcaire à *Diceras* de Dufrénoy, qui correspond comme on le sait au calcaire urgonien. Ce calcaire est gris et pétri de *Requienia Lonsdalii*; il est exploité comme marbre ou comme pierre d'appareil; on le voit alterner à plusieurs reprises avec des puissants paquets d'argiles noirâtres dans lesquelles on recueille les *Ostrea aquila* et *Boussingaulti*, d'Orb. Après ce qui a été

observé en ce genre en Espagne, dans les Pyrénées, dans la Basse-Provence, dans la montagne de la Clape et en Algérie, ces alternances n'offrent plus rien qui doive étonner beaucoup aujourd'hui. On sait, en effet, que M. Magnan (1) considère dans les Petites-Pyrénées de l'Ariège l'urgo-aptien comme constitué par des calcaires compactes à Caprotines et à *Cidaris pyrenaica*, par des argiles noirâtres contenant des Orbitolines et l'*Echino-spatagus Collegnii* et la *Belemnites semicanaliculatus*, par un deuxième calcaire à Caprotines, à Orbitolines et à *Ostrea macroptera*, suivi de calcaires sans fossiles et d'un troisième horizon de rudistes. Ce même observateur et M. Leymerie (2) mentionnent cette récurrence du calcaire à Caprotines dans le versant septentrional de la chaîne des Pyrénées. Elle existe également, d'après les travaux de M. Hébert (3), dans les environs d'Orthez. Nous l'avions déjà signalée, nous le premier, dans différentes publications (4). M. de Verneuil l'admet aussi pour l'Espagne (5). L'alternance des argiles à fossiles aptiens avec des calcaires à fossiles urgoniens est donc un fait général dans les Alpes provençales, dans les Pyrénées françaises, en Espagne et en Algérie. Dans les Pyrénées, la cause qui s'est opposée à ce qu'on pût la constater plus tôt, tient au recouvrement des montagnes par des forêts très épaisses; mais, en examinant les choses de plus près, on remarque que les assises marneuses dessinent les dépressions assez bien indiquées par un gazonnement qui le plus souvent dérobe à l'œil la roche vive. Il convient toutefois de citer une exception à cet égard au nord d'Arudi, où le gave d'Ossau baigne le pied d'un système de collines grises et dépouillées qui, pour la stérilité, ne le cèdent en rien aux

(1) Magnan. *Sur une coupe des Petites-Pyrénées de l'Ariège* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 2 mars 1868).

(2) Magnan. *Sur la craie du versant nord de la chaîne pyrénéenne* (Comptes rendus, 12 juin 1868). — Leymerie. *Mémoire pour servir à la connaissance de l'étage inférieur du terrain crétacé des Pyrénées* (Comptes rendus, 13 juillet 1868).

(3) Hébert. *Le terrain crétacé dans les Pyrénées* (Bull., t. XXIV, p. 325; 1867).

(4) Coquand. *Description géologique du massif de la Sainte-Beaume*, 1864. — *Monographie de l'étage aptien de l'Espagne*, 1865. — *Description géologique de la formation crétacée de la province de Teruel* (Bull., t. XXVI, 1868.) — *Formation crétacée de la montagne de la Clape* (Bull., t. XXVI, 1868.)

(5) De Verneuil. *Fossiles du néocomien supérieur d'Utrillas*, 1868.

calcaires à *Chama*, leurs contemporains, des Bouches-du-Rhône. Je n'ai point eu l'occasion de constater la présence des marnes d'Hauterive au-dessous de l'étage urgo-aptien dans la vallée d'Ossau. J'ai vu dans la collection de M. Saccaze une *Ammonites bifrons* provenant des environs d'Arudi. Le calcaire à *Caprotina* repose-t-il sur la formation jurassique ou sur le terrain de transition ? Je l'ignore complètement ; tout ce que je puis dire, c'est qu'après le relai de poste de Louvie - Juson, à 25 kilomètre de Pau, nous étions en plein dans les formations paléozoïques.

Ce n'est pas sans une certaine satisfaction que j'ai vu se confirmer pleinement l'opinion que j'exprimais en 1840 : « que les calcaires que M. Dufrénoy a décrit dans les Pyrénées sous le nom de *Calcaire à Dicérates* appartiennent aussi à l'étage néocomien supérieur, et que les Dicérates ne sont autre chose que la *Chama ammonia* (1) ; c'est donc par oubli ou par ignorance de ce fait que M. Hébert (*loc. cit.*, p. 325) attribue à M. Dumortier le mérite d'avoir rapporté, le premier, en 1860, le calcaire à Dicérates de Vinport au néocomien supérieur, opinion repoussée d'abord et admise aujourd'hui par M. Hébert.

D'après la carte géologique de la France, le terrain de transition devait m'escorter seul jusqu'au delà des Pyrénées françaises. Cependant, en examinant, avec une lunette, la série des pics qui forme une couronne si capricieusement dentelée au S. E. des Eaux-Bonnes, et dont le plus élevé de tous, celui de Gez, atteint 2613 mètres d'altitude, je fus surpris du développement prodigieux qu'y acquéraient les calcaires dont ils sont formés, et dont les calcaires de transition de la même contrée ne reproduisaient ni la forme extérieure ni la puissance. Je supposai qu'ils pourraient bien appartenir au même système crétacé que le cirque du Marboré et de Gavarnie, c'est-à-dire à la craie supérieure.

La curiosité me porta vers ces montagnes que j'attaquai par leur revers méridional de Laruns aux Eaux-Chaudes ; nous suivîmes la route impériale qui nous fit franchir la fissure profonde dite le Houra, au fond de laquelle coule le gave d'Ossau. A cinq kilomètres des Eaux-Chaudes nous laissâmes, sur notre droite, la route de Gabas et nous primes la chaussée charretière qui dessert une scierie mécanique. Au delà de ce point nous dûmes choisir un sentier difficile et escarpé qui aboutit aux

(1) *Bull. de la Soc. géol.*, 1^{re} série, t. XI, p. 407.

hauts pâturages de la vallée de Soussouéou, un des puissants affluents du gaved'Ossau, et dont nous cotoyâmes la rive droite, sans jamais le traverser, jusqu'à la pleine marécageuse dite de Soussouéou. Arrivés là, nous nous engageâmes dans la vallée torrentueuse d'Arre, et nous nous rendîmes aux cabanes de Sauvageon et de la Sentinelle, où les bergers nous offrirent l'hospitalité pour plusieurs jours. Nous nous trouvions à une altitude de 2200 mètres environ dans la région du *Rhododendron* et un peu au-dessus de la zone à *Pinus pyrenaica*, qui est dans les montagnes le dernier représentant de la flore arborescente. Nous étions séparés de la vallée des Eaux-Bonnes par un rempart vertical de roches calcaires que les pics Arcisette et la *Peña Blanca* du port Malagnac dominaient de la façon la plus majestueuse.

Nous partîmes de la cabane de Sauvageon pour entreprendre l'ascension du Port Malagnac, et nous traversâmes des talcschistes, des grauwackes et des calcaires saccharoïdes et dolomitiques, passant par places au cipolin. Nous suivîmes à travers des éboulis amoncelés par les avalanches et d'un accès très-pénible la base des escarpements calcaires taillés en pic et qu'il était impossible d'aborder ou d'atteindre par escalade ce ne fut qu'au pas de Peña Blanca qu'il me fut possible de poser le pied sur la formation calcaire, objet principal de mes recherches.

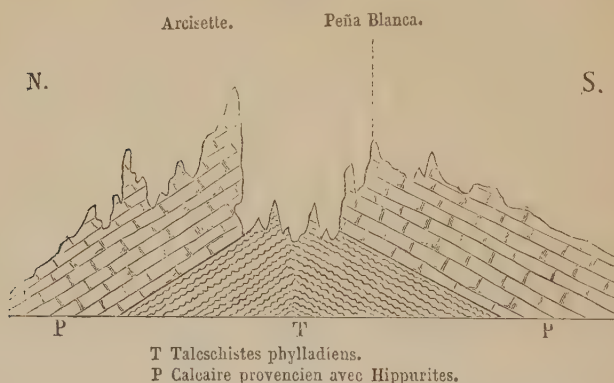
Quelle ne fut pas ma surprise, au premier coup de marteau que je donnai, de mettre à découvert un exemplaire parfaitement conservé de l'*Hippurites organisans*, et de recueillir ensuite les *Sphaerulites Sauvagesi* et *angeiodes*, l'*Hippurites cornu-vaccinum*, le *Turbinolia uricornis*, Michelin, le *Chaetetes Coquandi*, Mich., des Caprines, des Nérinées, des polypiers, en un mot, les représentants les plus autorisés de mon étage provencien. Le calcaire qui contenait ces fossiles était gris clair, à cassure pierreuse et ressemblant parfaitement au calcaire provencien des Martigues et de la Sainte-Beaume.

Après avoir battu convenablement les massifs du port Malagnac et de la montagne plus élevée et d'un accès plus difficile de l'Arcisette, et avoir fouillé le revers méridional du pic de Ger, qui domine la mine d'argent d'Arre, où, à part quelques variations dans la couleur et dans la texture de la roche, je ne parvins à découvrir que le calcaire à Hippurites, je dus m'occuper à établir la position de mon étage crétacé par rapport aux terrains sur lesquels il reposait. Il me fut facile de la saisir

sur plusieurs points différents, soit au-dessus de la mine de plomb, à Malagnac, soit au pas de la Peña Blanca, soit dans le massif de l'Arcisette. Dans toutes ces stations, il s'appuyait, sans intermédiaire, sur un système puissant de schistes talqueux phylladiens placés eux mêmes sur le granite gris dont sont constituées les montagnes des alentours du pic d'Ossau et le pic lui-même.

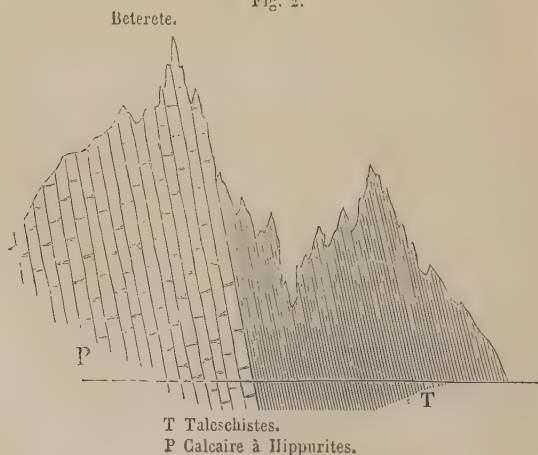
Le diagramme suivant indique ces relations :

Fig. 1.



Cependant sur les pentes orientales du port Malagnac les couches sont verticales et même légèrement renversées, comme le montre le rocher de Beterete, un peu à l'est du pic de l'Arcisette.

Fig. 2.



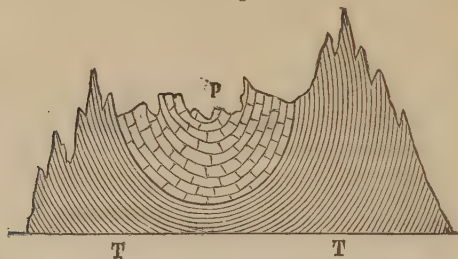
Du sommet de l'Arcisette un spectacle splendide se déroulait devant nous. A notre droite et à notre gauche s'épalaient en éventails les cimes calcaires et décharnées du terrain à Hippurites ; au sud se dressait le pic du midi d'Ossau avec son sommet trifurqué, bizarrement isolé au milieu d'une ceinture d'autres pics conjugués les uns avec les autres, et dont les lignes terminales indiquaient la séparation de la France d'avec l'Espagne ; au nord se dressait une enfilade de dentelures et d'aiguilles parallèles aux cimes que nous occupions et faisant partie du pic de Ger et de ses satellites. La cordillère hippuritique contrastait par l'inégalité et la mobilité de sa physionomie, autant que par l'aridité et la blancheur de ses crêtes, avec les sommités à forme plus arrêtées et à teinte foncée des terrains granitiques et de transition, toutes envahies par la végétation. Le cours du gave Soussouéou établissait la séparation des deux systèmes. Le versant septentrional était dominé par les crénelures du terrain secondaire, tandis que ce sont les terrains de transition qui couronnent le versant méridional.

Après avoir relevé mes coupes, j'opérai ma descente de la montagne d'Arcisette en coupant en écharpe le plan incliné de 45 degrés environ que suit le calcaire à Hippurites et qui l'amène jusqu'à la corniche au-dessous de laquelle mugit le gave Soussouéou. Je croyais me trouver en pleine Provence ; je marchais dans des montagnes entièrement dépourvues de végétation, de couleur grise et rappelant le paysage de Mazangues. Les talcschistes nous avaient abandonnés. Nous fîmes halte auprès de la fontaine de la Tume qui se trouve dans le prolongement de l'axe de la plaine de Soussouéou, et là nous pûmes constater la superposition contrastante du calcaire provencien sur des calcaires saccharoïdes ou des dolomies blanches que surmontaient quelques lits de psammite feuilleté avec impressions de plantes de l'époque houillère. Le calcaire à Hippurites se sépare nettement de ces formations plus anciennes, et ne présente aucune trace de métamorphisme, mais bien des Nérinées et la *Caprina Toucasi*.

De la Tume, et en suivant un escalier taillé dans le roc pour le passage du gros bétail, nous gagnâmes la plaine de Césy, dont le pic de Césy, qui la domine et lui a donné son nom, atteint la hauteur de 2190 mètres ; nous n'avions pas quitté un seul instant l'étage provencien au-dessus duquel étaient dispersés des blocs erratiques de granite de très-grande dimension, et dont quelques-uns reposaient sur d'autres blocs dans

des positions impossibles. On aurait dit l'œuvre d'une personne qui se serait évertuée à résoudre, par plaisir, les problèmes les plus ardues de l'équilibre des corps. A notre droite, un des promontoires de l'Arcisette nous montrait le calcaire provencien P (fig. 3) replié sur lui-même et engagé sous forme

Fig. 3.



T Talcschistes. — P Calcaire provencien.

de coin au milieu des schistes talco-phylladiens. La plaine que nous traversions et dans laquelle paissent de nombreux troupeaux était sans écoulement; mais les eaux pluviales et celles qui provenaient de la fusion des neiges s'écoulaient dans des puits naturels très-nombreux, véritables gouffres à fleur de sol, connus sous le nom d'*évents*, et en Provence sous celui de *ournes*. Il en existe plusieurs dans les montagnes calcaires de la Sainte-Beaume, de Tourves et de Cujes.

Le sentier que nous suivions nous conduisait au col de Lurdé; mais, avant de l'atteindre, le plateau provencien se trouvait barré dans son milieu par un dépôt très-puissant et allongé dans la direction du sud au nord d'amphibolite épidotifère et de lherzolite (ophite) dont les débris forment par places de véritables dépôts pierreux. La roche plutonique était surmontée d'une calotte de cargneules jaunâtres et d'argiles de même couleur, gypsifères, et contenant en outre de l'oligiste écailleux; mais ces roches n'appartenaient nullement au calcaire à Hippurites; elles étaient plus anciennes que lui, car on voyait ce dernier s'appuyer indifféremment sur elles sans présenter le moindre passage.

Le défilé de Lurdé entame le terrain de transition, et il est dominé à l'est par les aiguilles de l'Arcisette et à l'ouest par le colosse à forme ballonnée de la Taute Lasserats, appartenant au système provencien. Au-delà du col, nous nous trouvions engagés dans les montagnes rocailleuses d'Anouillas qui

ne sont autre chose qu'un annexe du Pic de Ger, le dominateur des monts secondaires de cette contrée remarquable des Pyrénées. Quelques vallons sans eaux, profondément encaissés entre des murs verticaux et encombrés eux-mêmes d'une quantité prodigieuse de blocs éboulés aussi blancs que les cimes qui les avaient fournis, et ressemblant à des moraines qu'on aurait blanchies à la chaux, entamaient profondément la base du pic de Ger et mettaient à nu sa structure tourmentée. La couleur éclatante du calcaire provencien, la désolation d'un paysage complètement aride et tout couvert de ruines, faisaient ressortir plus sombre et plus sévère encore la physionomie des terrains de transition qui servaient de piédestal et de ceinture à ces cimes que l'action des glaces a pour mission d'abattre; mais ce contraste avait une beauté sauvage qui saisissait si vivement l'âme qu'il laissait le contemplateur de pareils tableaux sans expressions pour traduire l'expression reçue.

Nous descendîmes sur les Eaux-Bonnes, après treize heures de marche, par le pas de Balouz qui glisse entre le pic de Couve ou Passousibé et celui de Brèque, et ne quitte plus le terrain de transition. Nous avions à notre droite le pic de Ger et ses diramations qui ont fourni leur contingent de fossiles provenciens, et entre autres le *Sphærolites angeiodes* et des polypiers appartenant au genre *Turbinolia*.

Malgré tout le soin que j'ai pu donner à la recherche des fossiles et à la succession des divers bancs de la formation crétacée, je n'ai pu parvenir à découvrir dans le vaste cirque provencien dont je viens d'esquisser la description, aucune espèce, aucune couche que je puisse rapporter à l'étage santonien ou à celui de la craie blanche proprement dite, et il me semble difficile que je n'eusse point réussi à découvrir quelques traces de ces étages, s'ils y étaient représentés. Seulement ce qui a lieu de m'étonner, c'est que le terrain de craie qui occupe une si large place, et je dirai la place d'honneur dans la vallée supérieure d'Ossau n'ait été signalée par aucun géologue; et cependant il existe au pied même des escarpements provenciens de nombreuses mines qui ont été concédées et qui ont été l'objet de rapports officiels; mais en examinant la carte géologique de la France, il est évident que la géologie en aura été faite au jugé et que le calcaire provencien, malgré la légion de rudistes qu'il renferme, aura été confondu avec les calcaires de transition exploités à Gabas, à Jetons et

sur d'autres points. J'ignore si le lambeau de craie indiqué au pic de Baletour (3146 mètres) se rattache à notre craie de la vallée d'Ossau, ou bien à celle du mont Perdu (3351 mètres). Me trouvant au milieu des Pyrénées dans la saison déjà avancée, les brouillards m'ont empêché de procéder à cette vérification.

Dufrénoy m'avait montré, en 1842, deux *Ananchytes* recueillies par M. François dans le massif du mont Perdu. M. d'Archiac (1) a rencontré l'*Ananchytes striata* à l'entrée du cirque de Gavarnie. En 1849 (2), M. Leymerie constatait que les tours du Marboré, le Cylindre et le mont Perdu qui, dans leurs sommités, représentent le terrain nummulitique, avaient pour base un terrain de craie caractérisé par l'*Ananchytes ovata*, l'*Ostrea larva*, c'est-à-dire par la faune maestrichtienne de Gensac, d'Aurignac, d'Ausseing et de Monléon. L'étage camparien du mont Perdu et l'étage provencien des Eaux-Bonnes reposent directement, l'un et l'autre, sur les terrains de transition, sans l'intermédiaire des étages inférieurs et supérieurs; leur indépendance et leur autonomie me paraissent ressortir clairement de cette double constatation et justifier la double séparation que j'ai établie en arrachant à la craie marneuse à *Inoceramus problematicus*, d'un côté, les assises à *Micraster cor-testudinarium* pour en faire mon étage santonien, et, de l'autre, les assises à Hippurites pour en composer mon étage provencien.

A mon arrivée à Laruns, mon premier soin avait été de me mettre en rapport avec M. Gaston Saccaze, ce modeste et intrépide collecteur auquel les montagnes de la vallée d'Ossau sont si familières; malheureusement, il était en excursion au moment de ma visite et je ne pus profiter d'aucune indication. L'examen rapide que j'ai pu faire de ses collections, quelques minutes avant mon départ, ne m'a fourni aucun éclaircissement nouveau dont ma note ait pu s'enrichir; seulement, j'ai remarqué une gigantesque *Sphærolites angeiodes* arrachée par lui au sommet du pic de Ger et en tout semblable à celles que j'avais observées moi-même sur le revers méridional de ce même pic, mais qu'un géologue très-honorablement connu dans la science avait étiquetée sous le nom de *Sphærolites foliaceus*. Cette dénomination est fautive, et, si elle n'était re-

(1) D'Archiac. *Histoire des Progrès de la géologie*, t. IV, p. 470.

(2) Leymerie. *Comptes rendus*, t. XXIX, p. 308.

dressée, elle pourrait faire croire à l'existence de l'étage carentonien dans le cirque des Eaux-Bonnes, ou à la coexistence dans les mêmes bancs de ce rudiste avec les *Hippurites organisans* et *cornu-vaccinum*, ce qui est de tous points inexact. Sous le pic de Ger, le calcaire provencien repose directement sur les schistes à *Terebratula reticularis* et autres fossiles dévoniens.

2° Formations paléozoïques.

Nous devons à MM. Bourjot et de Verneuil (1) quelques documents importants pour la fixation de certains étages de la formation paléozoïque de la vallée d'Ossau, et, comme l'admet le premier de ces observateurs, nous pensons que les ardoisières de Laruns et d'Aaas appartiennent à l'horizon de la *Cardiola interrupta*, c'est-à-dire, au silurien supérieur, car nous avons recueilli nous-même dans le gave de Soussouéou, une Orthocère engagée dans un calcaire noirâtre subordonné à des ardoises et qui, par sa position, rappelle complètement le calcaire à Orthocères de Marignac dans la vallée de la Garonne. C'est dans ces mêmes ardoisières de Laruns que M. Saccaze m'a assuré avoir découvert des Myrianites, des tiges d'Encrines et trois trilobites qui malheureusement n'étaient plus en sa possession. L'existence du terrain silurien dans la vallée d'Ossau est donc un fait bien établi à mes yeux, et j'avoue que je concevrais difficilement que ce terme des formations paléontologiques ne fût représenté que sur un point unique dans la chaîne entière des Pyrénées, d'autant plus que je me rappelle avoir recueilli moi-même des Orthocères à Esquiéry, au-dessous du lac d'Oo.

Ce qui d'ailleurs justifie parfaitement cette manière de voir, c'est que les ardoisières de cette partie de la vallée d'Ossau sont recouvertes par des schistes argileux brunâtres contenant les *Terebratula subwilsoni*, *T. reticularis*, *Spirifer paradoxus*, *Orthis striatula*, *Pleurodyctium problematicum*, fossiles, qui, ainsi que le fait observer M. de Verneuil, sont caractéristiques du dévonian inférieur. Ces fossiles se retrouvent à la base des escarpements calcaires des pics de Goury et de Ger, dont nous avons démontré l'origine provencienne.

(3) Bourjot. *Note sur le terrain de transition des Pyrénées et plus particulièrement de la vallée d'Ossau* (Bull., 2^e série, t. XII, p. 68.) — *Observations de M. de Verneuil*, p. 71.

J'ajouterai qu'outre le *Sphærulites angeiodes*, M. Saccaze a rapporté du sommet du pic de Ger plusieurs exemplaires très-bien conservés de la *Turbinolia uricornis*, Michelin, que M. Bourjot a rapportés à tort au *Cyathophyllum flexuosum*, ce qui l'a engagé à considérer comme dévoniens les calcaires à Hippurites qui couronnent le cirque des Eaux-Bonnes. L'étage dévonien est de tous les étages paléozoïques celui qui est le mieux représenté, au point de vue paléontologique, dans la vallée d'Ossau.

Au-dessus des schistes dévoniens des environs de Laruns d'où proviennent la majeure partie des fossiles réunis par M. Saccaze, et précisément dans la montagne de Jetons, à l'ouest du village de Montplaisir, on a ouvert une carrière de marbre statuaire blanc qui est un type parfait de ce que l'on considérerait autrefois comme calcaire primitif. La position seule de ce marbre au-dessus d'assises fossilifères suffirait pour protester péremptoirement contre cette qualification, si on voulait la lui conserver encore ; mais il y a mieux : l'infatigable M. Saccaze y a découvert, et en quantité assez considérable, des fossiles d'une conservation irréprochable, parmi lesquels on peut citer l'*Amplexus coralloides*, Sow., des polypiers du genre *Michelinia*, dont l'un m'a paru être le *M. compressa*, Michel., et surtout de nombreuses tiges de *Calamites*, dont les cannelures et les articulations sont admirablement indiquées. En voyant des fossiles de si grande taille et tous convertis en marbres statuaire d'une blancheur éblouissante, j'avoue que je n'aurais pu me préserver d'un sentiment de défiance et que j'aurais pu croire à une mystification, s'ils n'avaient été recueillis par une personne aussi respectable que M. Saccaze ; mais, en les examinant de près et sur les lieux, tout doute disparaît, car les détails de l'organisation interne persistait dans les portions que l'on a polies ; il faudrait d'ailleurs trop d'habileté pour que l'imitation pût reproduire avec vérité la structure étoilée des calices des polypiers. Les *Amplexus* sont étiquetés chez M. Saccaze sous le nom impropre d'Orthocères. Les mêmes marbres de Jetons sont, dans les environs de Gabas, l'objet d'une exploitation industrielle.

J'ignore si les polypiers recueillis dans les masses calcaires qui entourent le pic d'Ossau et remis à M. Bourjot appartiennent au même niveau. Je n'hésite pas à reconnaître dans les calcaires à *Amplexus* le représentant du calcaire carbonifère deournay et de Visé ; leur position et les fossiles qu'ils ren-

ferment leur assignent ce niveau, de sorte que le nom de calcaire de montagne, que de Charpentier avait donné indistinctement aux masses calcaires fossilifères de diverses époques des Pyrénées, trouve une application méritée pour les marbres de Jetons et de Gabas. Je dois ajouter que j'ai observé dans des blocs de marbre statuaire, déposés au pied de la carrière de Jetons, des grenats, des cristaux de pyrite et des mouches de galène associés à des Calamites. Il ne s'agit plus ici de la citation d'un fossile douteux ou effacé, dont les partisans des calcaires primitifs pourraient répudier le témoignage, car les *Amplexus*, les *Michelinia* et les *Calamites* des Pyrénées sont d'une détermination aussi facile que leurs congénères de Tournay ou de Visé. J'ai donc le droit de demander si tous les calcaires saccharoïdes de cette chaîne que l'on a attribués au lias, sont réellement de cette époque, ou s'ils n'appartiennent pas plutôt à l'époque carbonifère. Dans tous les cas nous voyons qu'il convient d'arracher au terrain dévonien les calcaires à Hippurites du pic de Ger et les marbres statuaire à *Amplexus* dont nous venons de parler.

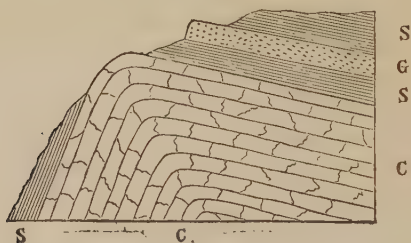
Gabas est la dernière station habitée de la vallée d'Ossau, et de là on atteint l'Espagne par le col des Moines, à l'ouest du pic du Midi. Les calcaires carbonifères supportent vers les frontières, et principalement du côté de Roumigmat, un gisement d'anthracite susceptible d'être exploité. Le combustible est pur, très-résistant, à cassure inégale et conchoïde, un peu grisâtre, semblable en un mot, aux anthracites des Alpes du Dauphiné et de Pensylvanie. Il y est accompagné, suivant M. Saccaze, de végétaux fossiles que ce collecteur se propose de rechercher l'année prochaine, après la fonte des neiges. Il est infiniment probable qu'on trouvera là un représentant du véritable terrain houiller. Ce fait, ausurplus, n'est pas nouveau pour les Pyrénées, car l'on sait que M. Louis Lartet (1) a découvert dans la vallée de la Rhune, précisément dans le même département des Basses-Pyrénées, une couche remplie de végétaux fossiles qui, examinés et décrits par M. Bureau, ont été rapportés par ce dernier à l'époque houillère.

Les calcaires carbonifères tiennent une très-grande place dans la constitution géologique de la contrée. Dans la vallée de Soussouéou, ils sont très-développés entre le barrage granitique que l'on est obligé d'escalader, après avoir dépassé la

(1) *Bulletin*, 2^e série, t. XXIII, p. 846.

scierie mécanique et la plaine de Soussouéou. Ils consistent en des calcaires blancs, saccharoïdes, à grains assez grossiers, susceptibles de s'égrener à la surface, en dolomies grenues, blanches dans la cassure, reconnaissables de loin, grâce à la patine jaunâtre qui salit les couches extérieures, et en cipolins grisâtres; quelques bancs sont remplis de couzérانيتes et de grenats jaunes. En face de la plaine et dans les alentours de la fontaine de la Tume, on voit ces calcaires C (fig. 4) alterner avec des calcaires noirâtres que surmontent des

Fig. 4.



C Calcaire carbonifère. — S Schistes impressionnés.
G Grès (Psammites).

schistes noirs S et des psammites G passant à un grès fin. Les schistes renferment des plantes parmi lesquelles on distingue des feuilles de Fougères; malheureusement leur friabilité extrême ne permet que d'en obtenir des fragments de très-petite dimension; toutefois leur position ne permet guère de les rapporter qu'à l'époque carbonifère.

Au-dessus des calcaires carbonifères s'étendent dans les alentours de Roumigat et de la Canonrouge, d'où elles se déversent en Espagne, de puissantes masses de grès rouges lie de vin que Dufrénoy (1), en 1838, avait très-bien distingués des grès bigarrés. Il reconnaissait qu'il existait dans les Pyrénées des grès colorés en rouge qui appartenaient à des époques très-différentes. Lorsque le terrain carbonifère vient à manquer, disait ce savant, et qu'il n'y a point de fossiles, la distinction de ces diverses couches est très-difficile; la stratification seule peut alors jeter quelque jour sur leur âge relatif. Vers le haut de la vallée d'Ossau, c'est-à-dire dans la région

(1) *Bulletin*, t. IX, 1^{re} série, p.241.

dont nous nous occupons, il a reconnu lui-même que le grès rouge appartenait au terrain de transition, bien qu'il l'eût d'abord rapporté au grès bigarré.

M. Bourjot a signalé la concordance de ces mêmes grès avec les calcaires qui les supportent. Toutefois, il se demande si ces grès sont dévoniens ou de la formation du grès bigarré. Cette question, en l'absence des fossiles, lui paraît difficile à résoudre; mais si l'on réfléchit, ajoute ce savant, à la parfaite concordance des strates qu'il a observée au col des Moines jusqu'à la vallée de Baigorry, on pourrait croire avoir affaire au vieux grès rouge des Anglais. Le temps m'a manqué pour me livrer à la recherche des fossiles dans ces parages difficiles, où la saison avancée ne me permettait pas de séjourner plusieurs jours consécutifs.

Cependant je n'hésite pas à considérer ces grès rouges des environs du pic du midi d'Ossau comme permien, et je suis convaincu que tôt ou tard la paléontologie me donnera raison; et voici pourquoi. Tant que l'on a considéré comme dévoniens les calcaires à *Amplexus* qui supportent ces grès, il pouvait paraître naturel de rapporter ces derniers à l'old red sandstone; mais, dès l'instant que les calcaires deviennent du carbonifère, évidemment les grès ne peuvent plus être dévoniens et leur place est alors celle du permien; que les anthracites de Roumigat soient attribués au calcaire carbonifère lui-même ou regardés comme l'équivalent du terrain houiller de la vallée de la Rhune, c'est une conséquence des lois stratigraphiques.

Quoiqu'il en soit, il est démontré, pour moi, que la vallée d'Ossau renferme la série complète des terrains paléozoïques depuis le silurien jusqu'au permien inclusivement, et que, sous ce rapport, elle est comparable, terme pour terme, aux régions célèbres de Neffiez et de Cabrières dans l'Hérault.

La découverte des *Amplexus* et des Calamites au sein des marbres statuaire de Jetons et de Gabas constitue un fait géologique de la plus haute importance et qui mérite d'être mis en lumière, d'autant plus que, à part une *Astrea* citée par M. de Blainville dans les marbres de Carrare aucun fossile spécifiquement déterminable n'a été mentionné dans ces roches, pour ainsi dire exceptionnelles. Je n'ose point affirmer que les marbres de la vallée d'Ossau, qui ne me paraissent différer en rien de ceux de Saint-Béat et de l'Ariège et qui contiennent les mêmes minéraux disséminés (couzérinite,

grenats), occupent exactement la même position. Il me faudrait, avant de me prononcer, refaire l'étude des environs de Saint-Béat que je n'ai pas revus depuis 1835.

Si, comme je le pense, les marbres blancs de la vallée de la Garonne et de l'Ariège sont la continuation de ceux de la vallée d'Ossau, leur date ne serait point celle du lias, ainsi qu'on l'a admis jusqu'ici, mais bien celle du calcaire carbonifère. Examinons donc la valeur des arguments sur lesquels on s'est appuyé pour faire jurassiques les marbres de Saint-Béat.

J'ai eu l'occasion d'étudier le lias dans les Pyrénées, à la base du pic du Gar et aux environs de Sarrancolin; sur ces deux points, le lias normal fossilifère reposait directement sur les grès rouges, sans interposition de calcaires saccharoïdes; ces derniers, entre Saint-Béat et le village de Lez, forment une enclave sans relations directes avec le terrain jurassique; près d'Eup ils s'appuient sur le granite, et près de Lez ils sont séparés des poudingues rouges attribués au grès bigarré par un dépôt très-puissant d'amphibolite. Ce n'est donc que par voie de pure hypothèse qu'on peut les attribuer à l'étage du lias; aucun fait d'observation ne conduit à une pareille attribution. Il n'y a, au surplus, qu'à étudier l'explication de la coupe que M. Leymerie (1) donne de la formation jurassique du pic du Gar pour voir que le lias y est taillé sur le patron du lias de la Provence et de l'Espagne, c'est-à-dire qu'au-dessous du lias moyen fossilifère et qui, entre autres fossiles, contient les *Ostrea Maccullochii* et *Pecten æquivalvis*, on ne rencontre plus que des calcaires sans fossiles qui prennent une texture *caverneuse* ou cariée, et par places, un aspect dolomitique. Je suis certain que, si on l'avait recherchée, on aurait trouvé au-dessous, la zone à *Avicula contorta*.

Le lias n'est pas autrement constitué dans le département de l'Ariège, où M. Magnan (2) nous le montre composé, à sa partie supérieure, d'argiles noirâtres à *Ammonites bifrons*, à la partie moyenne, de calcaires marneux noduleux, avec *Gryphæa Maccullochii*, de calcaires fétides et dolomitiques, à sa partie inférieure, de brèches calcaires, de dolomies, de cargneules de teinte jaunâtre à l'extérieur, qui représentent le groupe de la *Gryphæa arcuata*. L'infra-lias est formé par de petites couches

(1) *Histoire des progrès de la géologie*, t. VI, p. 546.

(2) *Comptes rendus*, 2 mars 1868.

et plaquettes de calcaire compacte contenant les fossiles de la zone à *Avicula contorta*.

Ainsi donc le lias, tant au pic du Gar que dans l'Ariège, est calqué sur celui du midi de la France, et on ne verrait pas trop comment on pourrait y faire rentrer ou lui rattacher les marbres salins de Saint-Béat. Les seules conclusions que l'on soit en droit de tirer de l'examen des terrains des environs de cette ville, c'est l'indépendance absolue du calcaire saccharoïde par rapport à toutes les autres formations voisines; en effet, on le voit reposer directement sur le granite, sans attache avec aucun autre terrain, tandis que le lias fossilifère, qui lui est presque contigu, a au-dessous de lui les grès rouges d'abord et ensuite le calcaire silurien à *Orthocères*. Son indépendance n'est pas moins manifeste dans la vallée d'Ossau; mais, grâce aux fossiles que l'on y a découverts à Laruns, on voit que l'analogie conduit à considérer les marbres statuariens de la vallée de la Garonne, plutôt comme du calcaire carbonifère que comme un membre de la formation jurassique; et cette conclusion a pour elle un cachet de vraisemblance d'autant moins équivoque que, dans la Vallongue, près de Castillon, dans l'Ariège, le lias moyen à *Pecten æquivalvis* avec ses dolomies inférieures s'appuie sur les calcaires blancs à couzéransites; ceux-ci ne peuvent donc plus devenir leur équivalent métamorphique; et la localité citée est à deux pas des lieux décrits par M. Magnan. Toutes ces considérations m'engagent à admettre, jusqu'à plus ample informé, que les marbres blancs de l'Ariège et de la Haute-Garonne sont contemporains de ceux de la vallée d'Ossau et par conséquent de la période carbonifère. Je me trouve d'autant plus à mon aise pour exprimer cette opinion que j'en avais formulé une toute contraire en 1838.

Il me reste, pour remplir mon programme, à établir les relations des grès rouges avec les terrains anciens des Pyrénées.

J'écrivais en 1838 (1), que la formation désignée par Dufrénoy sous le nom de grès bigarré ne pouvait être séparée, dans les Pyrénées, du terrain de transition. Dufrénoy se rallia à mon idée pour les grès rouges de la vallée d'Ossau, en les rangeant dans le terrain de transition, ainsi qu'on l'a vu plus haut, mais en maintenant l'origine triasique des autres grès rouges de la chaîne. On ne parlait pas, à cette époque, du terrain per-

(1) Coquand, *Bulletin*, 1^{re} série, t. IX, p. 225.

mien, et tous les grès véritablement permien de Saône-et-Loire, du Jura, de la Haute-Saône, de l'Aveyron, de l'Hérault et du Var étaient confondus avec les grès bigarrés. Aussi le rôle de ces derniers a été singulièrement amoindri depuis que la découverte des *Walchia* dans la plus grande partie de leur masse a démontré qu'ils n'avaient en réalité qu'une puissance très-limitée, et qu'ils devaient restituer au permien une place usurpée à leur détriment.

Là où les grès bigarrés, comme dans le Var et les environs de Lodève, recouvrent directement l'étage permien, on sait toutes les difficultés que l'on éprouve pour opérer convenablement leur séparation. Pour mon propre compte, en 1838 comme en 1869, je n'ai pu voir dans les grès rouges des Pyrénées qu'un des termes de la formation paléozoïque, et quant à leur position, de Charpentier, Dufrénoy et moi nous sommes d'accord pour reconnaître qu'ils reposent ordinairement sur le terrain de transition, ou, en son absence, sur le terrain primitif, ce qui trahit très-clairement leur indépendance; aussi Dufrénoy (1) admet qu'il s'est écoulé un temps considérable entre le dépôt des terrains de transition et celui des grès, et que le sol des Pyrénées a éprouvé au moins une révolution dans cet intervalle.

« La raison qui nous a porté à considérer ce grès comme appartenant à la formation du trias, ajoute ce savant, plutôt qu'à un étage supérieur du terrain de transition, c'est que le grès bigarré existe dans le massif de la Montagne Noire, tandis que les schistes cambriens y représentent seuls le terrain de transition. L'analogie remarquable que l'on observe entre les formations de ce massif et celles de la chaîne des Pyrénées, qui ont dû être continues à un autre époque, rend naturelle cette supposition. » Or, je fais observer ici que les grès rouges, qui se rattachent au système orographique de la Montagne Noire et qui s'appuient sur le terrain de transition, appartiennent tous à la formation permienne, tels que les grès rouges de Réalmont, entre Alby et Castres, ceux du Pont de Camarès et de Belmont, qui sont une dépendance du permien de St-Afrique, enfin ceux de Saint-Gervais que la Société a eu l'occasion d'étudier l'année dernière. L'assimilation faite par Dufrénoy va donc directement contre la thèse qu'il propose. Il ne s'est guère appuyé que sur les caractères pétrographiques,

(1) *Histoire des progrès de la Géologie*, t. VIII, p. 209.

qui, après lui, et avant la découverte des *Walchia*, ont trompé presque tous les géologues. Il avoue du reste (*l. c.*, p. 208), qu'aucun caractère certain ne dévoile son âge, qu'il ne contient pas de gypse comme le grès bigarré de l'Alsace, qu'il n'alterne point avec le muschelkalk, enfin, qu'il n'a pu y découvrir un seul fossile. Rappelant ma communication faite en 1838, Dufrénoy dit qu'il est loin de rejeter mon opinion, et que, dans le cas où la formation colorée dans la carte de la France, sous le nom de grès bigarré, serait associée définitivement au terrain de transition, elle devrait en constituer une assise supérieure.

D'Archiac (p. 213) fait observer à son tour que ce ne sera probablement qu'après une étude très-détaillée des grandes masses de grès rouges de la partie occidentale de la chaîne, depuis le pic du Midi d'Ossau jusqu'aux environs de Tolosa, que l'on pourra se faire une opinion bien arrêtée sur l'existence d'un ou de plusieurs grès rouges d'âges différents et sur leur véritable niveau géologique. Or, c'est justement la position de ces grès des environs du pic d'Ossau et leur parfait parallélisme, pour ne pas dire leur subordination aux calcaires carbonifères à *Amplexus*, qui m'affermissent dans l'idée que j'avais émise en 1838, idée partagée par Dufrénoy lui-même pour cette région des Pyrénées, qu'ils appartiennent à la formation permienne et non point au buntersandstein. Dans tous les cas, il est bien établi que les calcaires saccharoïdes de la vallée d'Ossau sont supérieurs au dévonien fossilifère et inférieurs aux grès rouges que nous enregistrons comme permien, et qu'il est par conséquent d'une impossibilité absolue de les rapporter au terrain liasique. Les arguments analogiques sur lesquels s'appuyait Dufrénoy, je les invoque en faveur de mon opinion, puisque l'assimilation des grès rouges des Pyrénées avec d'autres grès rouges du pourtour du massif de la Montagne Noire, au lieu de s'appliquer à des grès bigarrés, portait précisément sur des grès permien.

Je dois faire observer que l'opinion qui attribue au terrain de transition les calcaires saccharoïdes rapportés jusqu'ici au terrain de craie ou à celui du lias n'est pas nouvelle. Je publiais en 1845 (1) un mémoire intitulé : *Terrains stratifiés de la Toscane*. J'y établissais, que les calcaires saccharoïdes sur plusieurs points des Alpes Apuennes, et notamment du massif

(1) Coquand. *Bulletin*, 2^e série, t. II, p. 155.

du Monte-Altissimo, se montraient discordants avec la formation des schistes cristallins. J'établissais en second lieu la position des marbres saccharoïdes couzérانيتifères du Campiglièse qui sont contemporains de ceux de Carrara et de Seravezza, relativement à la formation jurassique, et je démontrâis (p. 172) leur complète indépendance du fameux *calcare rosso ammonitifero* qui les recouvre en discordance flagrante de stratification, ce calcaire renfermant les *Ammonites stellaris*, *Nodotianus*, *tardecrescens*, *Bucklandi*, *Conybeari*, *liasicus*; je n'avais point hésité à l'incorporer dans le lias inférieur, contrairement à l'opinion de tous les géologues italiens qui le plaçaient dans le lias supérieur et trouvaient de la sorte une place de lias inférieur à donner aux marbres statuariques de Carrare et du Campiglièse. M. Savi explique cette discordance en admettant que la manifestation des causes plutoniques qui, d'un calcaire compacte avaient formé un marbre salin, s'était arrêtée vers ce point, et que la différence de structure et la solution de continuité observées devaient être rapportées à des effets inégaux de température qui auraient provoqué des dilatations et des contractions auxquelles il fallait attribuer l'état particulier d'un même calcaire dont une portion aurait éprouvé une métamorphose complète, tandis que l'autre aurait conservé ses caractères primitifs. Cette explication n'est nullement d'accord avec les faits qu'expriment les lieux.

Ce fut sous l'empire de ces constatations de la plus haute importance, comme on peut en juger, que j'arrachai au lias inférieur, qui était normalement représenté dans le Monte Calvi par le *calcare rosso* et par les fossiles déjà cités, que j'arrachai, dis-je, le calcaire salin qui lui était inférieur et qui ne pouvait plus appartenir à la formation liasique, et je l'attribuai à un des termes du terrain de transition, aucun fossile ne pouvant me fournir des indications suffisantes pour lui assigner une place déterminée dans la série. La stratigraphie seule m'avait servi de guide. J'eus la satisfaction de voir mes idées complètement partagées, sur les lieux mêmes qui me les avaient dictées, par M. Fournet (1) qui reconnut comme d'époque paléozoïque les marbres statuariques du Campiglièse.

A la même époque, MM. Savi et Meneghini (2), dans un impor-

(1) Fournet. *Roches feldspathiques de l'Ile d'Elbe*, p. 5, 1851.

(2) Savi et Meneghini. *Osservazioni stratigrafiche e paleontologiche concernanti la Geologia della Toscana*, 1851.

tant travail sur les terrains stratifiés de la Toscane, admettent au-dessus des schistes cristallins : 1° le terrain de verrucano, formation complexe qui se compose à la base de schistes anthraciteux remplis de plantes de la période carbonifère (*Nevropteris rotundifolia*, Brongn., *Odontopteris Schlotheimii*, Brongn., *Pecopteris arborescens*, Brongn., *P. acuta*, Brongn., *P. Bucklandi*, Brongn., *Annularia longifolia* Sternb.), et d'anagénites exploitées pour meules de moulins près de Calci (*verrucano* proprement dit). 2° Le calcaire gris-foncé sans silex avec ses modifications.

Ces calcaires se lient à la formation précédente au moyen d'alternances réciproques ; ils reposent quelquefois sans intermédiaires sur les schistes cristallins en concordance ou endiscordance de stratification (Bains de St-Giuliano). On distingue à la base le calcaire gris et à la partie supérieure le marbre statuaire de Carrare et de Monte Rombolo (Campiglia). C'est au dessus que se montrent les calcaires rouges avec Ammonites du lias inférieur.

Voilà exactement la position que j'avais reconnue et assignée moi-même aux calcaires salins du Campigliese ; il devenait évident que la série du terrain jurassique n'était pas complète, car la discordance observée à la Grand-Cave indiquait un hiatus que M. Cocchi a très heureusement comblé plus tard. MM. Savi et Meneghini constatent un fait que les alentours du Monte Calvi ne pouvaient me montrer, je veux parler de la liaison intime et de l'alternance des calcaires métamorphiques avec le *verrucano* à plantes carbonifères ; de sorte que, grâce à cette constatation, il n'existe, *à priori*, aucun motif d'en séparer, comme formation distincte, les schistes impressionnés et les poudingues qui les supportent. Cependant les deux professeurs toscans, tout en plaçant ces derniers dans la série paléozoïque, et après avoir discuté avec la plus grande impartialité les arguments qui militent en faveur de leur opinion ou qui leur sont contraires, placent les marbres statuaire dans le terrain du lias, tout en convenant que cette opinion ne peut avoir une grande valeur (*un gran peso*), dans l'ignorance où ils se trouvent de savoir si les Ammonites du *calcare rosso* appartiennent véritablement au lias inférieur. Les noms des Ammonites citées et le travail monographique des Ammonites de l'Italie, que poursuit M. Meneghini en ce moment, démontrent bien que le calcaire ammonitifère de Campiglia relève du lias inférieur, ainsi que je l'avais établi en 1845. La raison invoquée tombe donc aujourd'hui d'elle-même.

Aussi dans son intéressant travail sur la province de Grossetto (1), publié postérieurement, M. Meneghini est-il obligé de faire descendre les marbres dans l'infralias. Il ne reste plus qu'à savoir s'ils doivent conserver la place que le savant professeur de Pise leur assigne et à s'assurer si l'on doit voir en lui le représentant des assises à *Avicula contorta*.

M. Cocchi (2) s'est beaucoup occupé des marbres statuaire des Alpes Apuennes et de leur position géologique. Dans les nombreuses coupes qu'il donne de Carrara au pic de Sagro, de Castellaccia au Monte Folgorito dans la vallée de Strettoia, du pont de Stazema au Monte Matanna, il reconnaît, jusqu'au lias inférieur, la succession suivante dans la série stratigraphique.

1° Schistes cristallins de Serravezza : micaschistes de Ripa;

2° Terrain carbonifère, formé à la base des marbres statuaire de Carrara, de l'Altissimo, de Campiglia, et à sa partie supérieure de schistes;

3° Formation permienne — anagénites, psammites et ardoises;

4° La formation triasique caractérisée par des cargneules et des gypses;

5° L'infralias (assises à *Avicula contorta*);

6° Le lias inférieur qui comprend le *calcare rosso ammonifero*.

Voilà bien pour la formation paléozoïque la reproduction fidèle (sauf les différences pétrographiques) de nos terrains anciens de la vallée d'Ossau.

Ainsi il est bien établi d'après les travaux de M. Cocchi, que les marbres statuaire de Carrara sont inférieurs aux anagénites considérées comme permienne par cet auteur, au keuper gypsifère de Camporbiano et du cap Argentaro dont j'ai donné une description en 1846 (2).

Je renvoie pour les détails à l'ouvrage de M. Cocchi et je me borne à faire connaître ses conclusions. Voici en quels termes elles sont formulées (p. 90, l. c.):

« C'est une opinion généralement admise, même en ce

(1) Meneghini, *Saggio sulla costituzione geologica della provincia di Grossetto*, 1865.

(2) Cocchi. *Sulla geologia dell'Italia centrale*, 1864.

(3) Coquand. *Sur un gisement de gypse au Promontoire Argentaro*. Bull., t. III, p. 302.

moment, que les célèbres marbres de Carrara et de Serravezza représentent la série liasique. Quand bien même on pourrait démontrer que les marbres en question ne sont point aussi anciens que nous l'indiquons aujourd'hui, il faudra bien admettre cependant qu'ils n'ont rien de commun avec le lias. L'infra-lias s'interpose franchement entre l'horizon des marbres et le lias proprement dit et ne se trouve jamais en contact avec eux. La lumachelle et le calcaire caverneux (keuper avec gypse), principaux représentants du trias, se sont jusqu'ici montrés supérieurs aux cipolins qui recouvrent à leur tour les masses marmoréennes de l'Altissimo et de toute cette zone des Alpes Apuennes. N'ayant jamais observé de passage entre les calcaires triasiques et la série des marbres proprement dits, et trouvant, au contraire, entre le calcaire caverneux et les marbres, les quartzites qui, ainsi que les autres roches décrites, représentent le trias, nous ne pouvons accepter l'opinion qui considère les marbres blancs comme une dépendance de la formation triasique. »

M. Cocchi ajoute en terminant (p. 94) : « l'idée que j'exprime n'est point nouvelle ; M. Coquand l'a émise et soutenue depuis long-temps, et c'est cette opinion que, parmi toutes celles qui ont été données, je crois devoir accepter, parcequ'elle est conforme à l'impression que l'examen direct des faits sur le terrain a produite dans mon esprit. »

Les conclusions de M. Cocchi doivent être acceptées avec d'autant plus de confiance que dans un travail précédent (1), ce professeur combattait ma classification et plaçait les marbres blancs dans la formation à Ammonites du lias, opinion qu'il répudie ouvertement dans ses *Études sur l'Italie centrale*.

Je ne me doutais certainement pas à l'époque où je publiais le résultat de mes recherches sur les terrains stratifiés de la Toscane, que la découverte des *Amplexus*, des *Michelinia* et des *Calamites* dans les marbres statuaire des Pyrénées, justifierait d'une manière si complète mes vues et celles de M. Cocchi. On peut juger, par les détails qui précèdent, du chemin qu'ont parcouru successivement les calcaires saccharoïdes de l'Italie centrale, pour arriver du sommet de la craie, où on les avait logés dans le principe, à la place qu'ils doivent occuper aujourd'hui dans la formation paléozoïque.

(2) Cocchi. *Description des roches ignées et sédimentaires de la Toscane*. *Bull.*, t. XIII, 1856.

Soc. Géol., 2^e série, t. XXVII.

3° MINE D'ARGENT DE LA VALLÉE D'ASSE.

La seule mine d'argent natif qui ait été signalée en France est, je crois, celle des Chalanches, dans la commune d'Allemont (Isère), dont la hauteur est de 2664 mètres au dessus du niveau de la mer. Elle fut découverte par une bergère qui recueillit un fragment détaché d'un filon qu'un forgeron d'Allemont reconnut être composé d'argent natif. Outre l'argent, on a trouvé aux Chalanches du chlorure d'argent, du cobalt arsenical, du kupfernickel, du peroxyde de fer, du fer spathique, de la pyrite de fer, du fer arsenical (Mispikel), de l'antimoine natif et arsenical, des traces de cuivre pyriteux, de la galène et de la blende.

Il existe dans les Pyrénées une deuxième mine d'argent dont la découverte et les particularités de gisement rappellent celle des Chalanches. Vers l'année 1846, un berger ramassant, dans le quartier d'Arre une pierre pour la lancer à son troupeau, fut fort étonné d'en ramasser deux. Ces deux pierres étaient liées ensemble par un fil métallique. Soumises d'abord au pharmacien du pays et ensuite à la Faculté de Montpellier, on reconnut qu'elles étaient du minerai d'argent très-riche, et que le fil qui les attachait l'une à l'autre était de l'argent natif.

Les filons d'où provenaient les échantillons sont situés dans les montagnes d'Arre, vallée d'Ossau, à deux pas des frontières espagnoles, et à l'altitude de 2244 mètres.

Les minéraux qui accompagnent l'argent natif sont :

- 1° Le Nickel antimonial argentifère et blendifère.
- 2° Le Nickel arsenical argentifère avec traces de cobalt.
- 3° La Galène.
- 4 La Pyrite martiale.
- 5° La Pyrite arsénicale argentifère.
- 6° La Blende argentifère.
- 7° Le Manganèse peroxydé.
- 8° Des Ogres argentifères provenant de la décomposition des pyrites.
- 9° Du Nickel oxydé.
- 10° De la Calamine.
- 11° Enfin du Bismuth ; suivant M. Banhecourt l'analyse a dévoilé la présence de l'or dans l'argent natif, mais en faible quantité.

On peut arriver aux montagnes d'Arre, soit par les Eaux-Bonnes, en passant par le col de Lurdé, ou bien en remontant

directement le gave Soussouéou d'abord et ensuite le torrent d'Arre, à l'origine duquel on rencontre l'atelier abandonné de cassage. A un kilomètre environ de ce point se dresse vers le nord un escarpement de 150 mètres de jet, dirigé sensiblement E.-O., et formé par des calcaires grisâtres subsaccharoïdes, dont les couches sont redressées sous un angle de 80 à 85 degrés. Ces calcaires ne m'ont montré aucun vestige de fossiles et font partie du terrain de transition. Ils sont subordonnés à un système puissant de talcschistes phylladiens qui se trouvent largement développés au dessus de la cabane de Sauvageon, à la base même des remparts à Hippurites dont nous avons déjà parlé.

En montant aux mines d'argent, on rencontre dans le calcaire plusieurs attaques entreprises sur des filons de blende jaunâtre, lamelleuse, parallèles entre eux et parallèles aussi à la stratification, désignés par les noms de Saint-Michel, de Sainte-Marie et de Saint-Sauveur. Leur épaisseur est variable; elle dépasse quelquefois un mètre, et quelques chantiers sont susceptibles de fournir cinquante pour cent de minéral à l'abattage. Le zinc se trouve disposé en veines irrégulières, parallèles et séparées par des intervalles stériles qu'occupe la roche encaissante. Il existe de distance en distance des renflements dans lesquels la blende occupe à elle seule presque toute la largeur du filon. Le mur est un quartzite grenu, fort brillant, traversé par de nombreuses veinules de quartz amorphe, rappelant les quartzites du Briançonnais, et le toit est le calcaire même de la montagne, celui-ci toujours moins bien défini que le mur. La blende du filon St-Sauveur a donné douze grammes d'argent sur cent kilogrammes.

Lorsqu'on est parvenu à l'ourlet des escarpements taillés à pic où sont logés les filons de blende, on se trouve en face du filon Saint-Pierre, qui est le plus important de tous, et dont on peut suivre les affleurements sur une longueur de 3 à 400 mètres; c'est celui qui contient l'argent natif ainsi que les minéraux déjà cités. Il a été attaqué par un puits, le trou Saint-Pierre, qui était rempli d'eau à l'époque de notre visite, et par quelques tranchées à ciel ouvert, dont la plus considérable est celle dite des Espagnols. Comme les filons de zinc, il a pour toit le calcaire de transition et pour mur les quartzites qui prennent une grande extension et se continuent à l'E. sous le pic d'Azaurine, dans la commune d'Aas. Ce sont les quartzites qui contiennent le plus ordinairement les filons de pyrite martiale et

de pyrite arsénicale, dont la décomposition donne naissance à des badigeonnages ferrugineux et à des ocre qui forment souvent des poches dans la masse même du filon. C'est grâce à cette patine, ferrugineuse qu'il est facile de suivre, à la surface du sol, les indications du filon, en dehors des parties attaquées. On remarque quelques ramifications qui ne tardent pas à se joindre au filon principal.

Sa puissance est très-variable ; au chantier des Espagnols, elle mesure de 60 à 65 centimètres ; à 200 mètres à l'ouest du trou Saint-Pierre, elle s'élève exceptionnellement à 1^m,40 environ. Toutefois cette épaisseur n'est pas constante, car on la voit quelquefois, dans l'espace de quelques mètres, passer de 1 à 60 centimètres. Il est juste d'ajouter toutefois que ces observations ne portent que sur les affleurements, le filon n'ayant point été encore attaqué sérieusement en profondeur. Sa direction est E. O., et son inclinaison de 80 à 85 degrés. Je n'ai remarqué ni quartz, ni fluorine, ni barytine ; mais il existe, faisant partie intégrante du filon lui-même, et constituant par conséquent une gangue véritable, un calcaire à petites lamelles, blanc ou verdâtre, qu'il est facile de distinguer du calcaire du mur qui est un calcaire très-finement grenu. C'est dans ce calcaire lamelleux que s'est montré l'argent natif et le nickel. Le premier y est disséminé en paillettes, quelquefois de plusieurs décigrammes, mais le plus généralement très-petites. Ces paillettes, examinées au microscope, présentent l'apparence de gouttelettes d'argent fondu. La présence de l'argent est très-irrégulière ; mais la roche en masse présente une moyenne de 360 grammes avec 100 kilogrammes. M. Garella, en 1855, a mentionné une épaisseur de 0^m,05 pour le calcaire lamelleux argentifère. Nous avons observé dans le chantier des Espagnols, au toit du filon, des paquets d'asbeste filamenteuse mélangée de quartz. Ce minéral se montre également dans les filons argentifères des Chalendres.

L'altitude à laquelle se trouve le filon argentifère de la vallée d'Asse ne permet d'y travailler que quatre mois de l'année, et il n'existe aucune route qui relie les mines à la route des Eaux-Chaudes. Encouragés par la présence de l'argent, les concessionnaires avaient établi dans le voisinage des filons un petit fourneau de fusion et quelques ateliers de préparation mécanique, mais dans de si mauvaises conditions, qu'on a dû suspendre les travaux jusqu'au moment où la création de voies économiques de transport pourront en permettre la reprise.

Comme le gîte n'est connu que sur les crêtes des affleurements, il serait à désirer qu'il fût attaqué dans la profondeur; les travaux exécutés dans ce but trouveraient leur justification dans la richesse en argent, dans le calcaire lamelleux, comme on peut en juger par les analyses suivantes, qui portent sur une quantité constante de 1,000 kilogrammes :

1. Minerai d'argent proprement dit....	88	kilog. 50	(M. Cauvy).
2. Minerai d'argent.....	60	—	(M. Favre).
3. Calcaire spathique avec argent natif disséminé et traces seulement d'au- tres minerais.....	52	—	(M. N. Garella).
4. Le même avec mispikel et kupfer- nickel.....	21	— 40	(M. N. Garella).
5. Le même, lavé jusqu'à séparation complète de la gangue pierreuse..	50	—	(M. Flajeolot).
6. Calcaire spathique avec forte propor- tion de kupfernickel.....	3	— 60	(M. Garella).
7. Calcaire spathique avec moins de kup- fernickel, de mispikel et de pyrite	14	— 40	(M. Garella).
8. Calcaire spathique, moins lamelleux, au fond du puits St-Pierre, sur un renflement.....	2	— 60	(M. Garella).
9. Mispikel en masse, à l'E. du puits.	3	— 60	(M. Garella).
10. Minerai de nickel, argent trouvé...	6	— 60	(M. Cauvy).
11. Blende intimement mélangée de kup- fernickel.....	3	— 80	(M. Garella).
12. Terre noire entre mur et filon... ..	3	— 5	(M. Cauvy).
13. Terre rouge.....	3	— 20	(M. Cauvy).
14. Pyrite de fer du filon.....	2	— 20	(M. Cauvy).
15. Blende du filon.....	1	— 80	(M. Cauvy).

M. Garella a trouvé pour le nickel la composition suivante :

Nickel.....	0.245, avec très-peu de cobalt.
Antimoine.....	0.530, avec peu d'arsenic.
Soufre.....	0.160
Fer.....	0.015
Argent natif.....	0.050
	<hr/>
	1.000

Cet ingénieur conclut de ces essais que la teneur en argent, sans cesser d'être considérable, n'est pas moins variable dans les diverses parties du filon que sa puissance. Il en est de même de la teneur en nickel, dont le minerai, dégagé de toute gan-

gue par le lavage, renferme environ 25 pour 400 de nickel métallique. En moyenne, et en tenant largement compte des variations de puissance du filon Saint-Pierre, il estime qu'il peut produire par mètre carré en place 400 kilogrammes de minerai d'argent et nickel renfermant 500 grammes d'argent et 2 kilogrammes de nickel métallique, ce qui correspond à une valeur de métaux précieux contenus, de 450 francs, soit 1,500 francs par tonne de minerai.

Les montagnes voisines de la vallée d'Arre et qui versent leurs eaux dans le gave de Soussoufon, contiennent de nombreux filons de galène, dont quelques-uns ont été l'objet de travaux de recherches. Nous citerons entre autres celui qui existe à égale distance de la mine d'argent et du boccard, et qui se montre aux affleurements avec une puissance de 0^m,20 avec gangue quartzeuse. Il est encaissé dans une grauwaacke noire. J'ai trouvé le filon de Matagnac dirigé E. O., avec toit de cipolin et mur de quartzite, et une puissance de 0^m,80. La teneur du minerai en argent est de 1 kil. à 4 kil. 200 d'argent. Ils pourront fournir l'une des matières premières nécessaires au traitement métallurgique des minerais d'argent. On peut en dire autant des filons de pyrite arsénicale massive, dont on pourra utiliser les produits pour la concentration du nickel.

En dehors des points nombreux de ressemblance que la composition minéralogique établit entre les mines d'Arre et celle des Chalenches, je ferai remarquer que M. Graff (1), qui connaît si parfaitement ces dernières, fait ressortir l'influence que les roches encaissantes paraissent avoir eue sur la richesse du minerai ; ainsi il constate l'alternance plusieurs fois répétée du calcaire magnésien avec le gneiss, et justement les affleurements de gneiss calcaireux étaient généralement plus favorables à la richesse des filons que ceux du gneiss ordinaire. Il en est de même pour la mine d'argent d'Arre, où les métaux précieux se trouvent logés de préférence dans les roches calcaires du toit, qui sont calcaires, à celles du mur qui sont des quartzites.

Il n'est pas difficile de reconnaître que les divers filons que nous venons de décrire sont contemporains de la roche encaissante ; non-seulement la contemporanéité est dévoilée par la parfaite concordance que l'on remarque entre les veines métal-

(1) Graff. *Notice sur la mine d'argent des Chalenches* 1868.

lifères et les calcaires du terrain de transition, mais encore par la disposition du minéral en veines interrompues, en rognons ellipsoïdaux ou en mouches isolées, le tout parfaitement noyé dans le calcaire et les quartzites dont est formé le terrain de la vallée d'Arre. On concevrait difficilement comment des filets parfois insignifiants de blende, de galène et de pyrite de fer auraient pu s'introduire et s'être emprisonnés dans le cœur même des couches paléozoïques postérieurement à leur consolidation; autant vaudrait-il dire, que le liquide contenu dans un œuf y a été introduit après la formation de la coque. Il est bien plus conforme à la logique des faits observés d'admettre que des sources thermo-minérales apportaient les éléments métalliques au sein de la formation sédimentaire au moment même où celle-ci se déposait au fond des mers. Dès lors la distribution des minerais par trainées, par veines, par bandes, par lentilles interrompues et enclavées au milieu de la roche encaissante, n'offre plus rien que de très-normal, et leur application est conforme à ce qu'enseigne la théorie. Nous avons donc à Arre un exemple éclatant de filons-couches, et nous sommes complètement de l'avis de ceux qui, frappés du parallélisme complet qu'ils ont observé entre les allures des gîtes et celles de la roche encaissante, ainsi que du peu d'étendue et de la cessation complète des filons après un parcours plus ou moins long, ont rangé dans la même catégorie les veines métallifères des Chalanches.

Nous n'avons remarqué dans le voisinage des filons d'Arre aucune roche éruptive qui fût en connexion avec eux. Le granite qui se montre au bas du gave de Soussouéou et dans le massif du pic du midi d'Ossau est antérieur aux roches paléozoïques, et le culot d'ophite du col de Lurdé n'a aucun point d'attache avec ces mêmes filons dont il est assez éloigné et qui, d'ailleurs, est d'une époque plus moderne.

M. Hébert présente au sujet de cette note les observations suivantes :

M. Hébert fait observer qu'il croit être très-excusable de n'avoir pas cité M. Coquand au sujet du néocomien des Pyrénées. La part de M. Coquand dans cette question se borne à cette phrase : « M. Coquand ajoute que les calcaires que M. Dufrénoy a décrits dans les Pyrénées sous le nom de *calcaire à dicerates*, ap-

partiennent aussi à l'étage supérieur néocomien, et que les dicérates ne sont autre chose que la *Chama ammonia*. » Pourquoi M. Coquand n'a-t-il pas réclamé quand M. Leymerie a donné à ces *Chama ammonia* le nom de *Caprotina lævigata* et a placé ces couches soit dans l'étage cénomaniens, soit dans le terrain jurassique; quand M. Bayle (1), répondant à une demande de M. de Verneuil, à l'occasion d'un mémoire de M. Coquand lui-même sur le terrain crétacé du midi de la France, déclarait que les calcaires à *Diceras* des Pyrénées représentaient l'étage carentonien de M. Coquand.

M. Hébert a montré que les dicérates de Dufrénoy étaient la *Requienia Lonsdalii* et non la *Chama ammonia* qu'on n'a pas encore trouvée dans les Pyrénées.

L'opinion de M. Coquand qui ne se fondait sur aucune détermination précise, sur aucun travail spécial pouvait donc être omise sans injustice. D'ailleurs, à cette époque (1840), les idées de M. Coquand, comme d'ailleurs celles de presque tout les géologues, sur la classification des couches néocomiennes, étaient bien peu nettes puisque l'on voit dans un travail de M. Coquand lu dans la séance même (2) où il a prononcé la phrase qui vient d'être mentionnée, les argiles aptiennes placées dans le même étage que les calcaires à *Spatangues*, et le *Belemnites latus* cité des mêmes couches que l'*Ammonites Dufrénoyi*, les calcaires à *Chama ammonia* de la Basse Provence, considérés comme synchroniques du néocomien à *Belemnites dilatatus*, *Spatangus retusus*, etc., etc. Plus tard encore (3) il considérait le terrain de la Bedoule, supérieur au calcaire à *Chama ammonia*, comme absolument identique avec celui d'Escragnolles. Quand il régnait alors une telle confusion dans les couches étudiées par M. Coquand dans la Provence, confusion dont M. Hébert ne veut nullement rendre M. Coquand responsable, pouvait-on placer une simple opinion, exprimée en deux lignes, sur le même rang que les travaux de Dufrénoy, Delbos, d'Archiac, Raulin, Leymerie, Dumortier, etc.?

M. de Mortillet offre à la Société la *Biographie de Boucher*

(1) *Bull.*; 2^e série, T. XVIII, page 162.

(2) *Bull.* 1^{re} série, t. XI, p. 401.

(3) *Bull.*, 1^{re} série, t. XIII, p. 517.

de *Perthes* (voir la *Liste des dons*) ; puis, il met sous les yeux de ses confrères une nouvelle coupe des assises miocènes au milieu desquelles M. l'abbé Bourgeois a découvert des silex que M. de Mortillet considère, ainsi que l'auteur de la découverte, comme ayant été taillés de main d'homme et craquelés par suite de l'action du feu.

M. d'Omalius d'Halloy fait remarquer qu'en l'absence d'autres preuves évidentes la présence de silex brûlés ne prouverait peut-être pas suffisamment que l'homme ait existé à l'époque tertiaire.

MM. Damour et Jannettaz élèvent des doutes au sujet de l'interprétation qui vient d'être donnée par M. de Mortillet du phénomène de craquelage des silex.

L'un des vice-secrétaires communique ensuite la note suivante de M. Coquand.

Nouvelles considérations sur les calcaires jurassiques à Diceras du Midi de la France, en réponse à la note de M. Hébert du 9 novembre 1868, par H. Coquand :

Les géologues de la Société qui habitent la province ont bien quelque raison de se plaindre des retards qu'éprouve la publication du *Bulletin*. Ainsi, ma notice sur les calcaires blancs à *Diceras* des Bouches-du-Rhône, qui a été adressée à Paris à la fin de juin 1868, n'a été imprimée qu'en juin 1869 et distribuée à Marseille le 17 juillet. Une deuxième note sur les calcaires contemporains de l'Hérault et du Gard, qui fait suite à la précédente, en la complétant par des documents nouveaux et plus nombreux, a été lue à la séance du 19 avril 1869 et communiquée, avant cette date, à M. Hébert, c'est-à-dire trois mois avant la publication de la première. Il résulte de ces retards que la note de 1868 avait perdu beaucoup de son actualité, à cause des pas nouveaux que la question avait faits dans l'intervalle d'une année, et que mon travail sur les Cévennes était connu trois mois avant cette impression. Aussi la réplique dont M. Hébert l'a accompagnée semble-t-elle s'adresser aussi bien à ma note de 1868 qu'à celle de 1869, d'où l'on pourrait inférer que j'ai pu m'inspirer des observations

faites par notre confrère avant d'avoir rédigé mon mémoire sur les environs de Gauges, ce qui était d'une impossibilité absolue et démontrée par la comparaison des dates que je viens de viser.

Je suis un partisan trop sincère de la liberté la plus absolue de discussion pour que je m'élève contre la communication des mémoires, avant leur lecture en séance publique, faite par le Bureau aux membres qui ont quelque intérêt à se défendre ou à attaquer; mais il serait juste, en compensation, que les répliques fussent remises tout écrites le jour même de leur lecture, afin que le mémoire présenté et la réponse eussent la même date et fussent l'expression fidèle de l'état de la question, au moment même où la publicité leur est acquise au sein de la Société. C'est en cela seulement que je trouve les géologues de province placés sur un terrain inégal par rapport à leurs confrères de Paris, car, leurs manuscrits une fois livrés, les premiers n'ont plus la faculté d'y rien changer, tandis que les seconds ont la latitude de plusieurs mois, et quelquefois d'une année, avant de formuler définitivement leur réponse.

Mon intention, au surplus, n'est que de poser ici une question de principes et nullement une question personnelle. En ce qui me concerne en ce moment, j'ai cru utile de préciser par des dates officielles l'état des choses, afin d'établir, que si mes études sur l'Hérault traitent à fond quelques points de stratigraphie ou de doctrine, que M. Hébert a touchés dans sa réplique à mon premier travail sur la Provence, on ne soit point amené à m'accuser de plagiat plus ou moins habilement déguisé, puisque, je le répète, je prouve qu'il m'était matériellement impossible de connaître le 4^{er} avril 1869 les observations de M. Hébert publiées en juin, ainsi qu'en font foi les écritures de la Société.

Je suis presque honteux d'occuper dans le *Bulletin* une place qui serait remplie bien plus utilement par d'autres travaux; mais depuis dix années que je me suis voué à l'étude ingrate des terrains secondaires des Alpes provençales, je n'ai point publié une seule ligne sur les terrains jurassiques ou crétacés de cette région, sans avoir eu à défendre mes idées contre les appréciations de M. Hébert. Ma défense était donc légitime, et, de plus, elle m'était commandée autant par le sentiment de ma dignité d'auteur, que par les exigences de ma position; car, professant la géologie dans un pays et sur un pays que j'ai habité presque toute ma vie et que j'étudie depuis près de

40 ans, les attaques de M. Hébert étaient de nature à compromettre le crédit de mon enseignement public, puisque certains esprits semblaient être autorisés à croire qu'un géologue étranger n'avait qu'à traverser le pays et à l'examiner à vol d'oiseau pour avoir raison des géologues du cru, auxquels il fallait des années de recherches opiniâtres pour arriver à des résultats sinon toujours contestables, du moins toujours contestés. Je ne me suis jamais plaint de l'exercice d'un droit dont j'use largement et librement à mon tour, et j'ajoute que personne plus que moi n'a rendu en toutes circonstances et ne rendra un témoignage plus éclatant et plus sincère du mérite, du zèle scientifique et du caractère bienveillant de M. Hébert. Aussi je serais désolé que mes paroles eussent pu paraître un seul instant en désaccord avec mes propres sentiments, et qu'il eût pu remarquer dans la polémique où il m'a entraîné, bien malgré moi, un cachet de partialité ou de malveillance à son égard. Dans les questions qui nous ont divisés et dans celles qui nous divisent encore, je n'ai jamais été l'agresseur, mais les nécessités de ma défense m'ont bien contraint de me servir des armes qu'il mettait entre mes mains.

Si sur certain nombre de points je n'ai pas eu l'avantage de me trouver d'accord avec M. Hébert, les dissidences ont tenu moins à l'excellence et à la précision des renseignements qu'il était capable de fournir, qu'à la connaissance imparfaite qu'il avait de la contrée sur laquelle il a écrit ou contesté. Nos luttes pacifiques n'auront point été, au surplus, complètement stériles pour les intérêts de la science. Sa réplique à ma note de 1868 annonce déjà un rapprochement vers mes idées, et me laisse ressentir que celle qui a été lue à la séance du 19 avril dernier aidera encore à lui faire partager ma conviction, que nous possédons un jurassique supérieur dans le mi-^{li}i de la France, et que, dès lors, les paroles par lesquelles j'exprimais dernièrement cette espérance auront reçu leur confirmation, en grande partie du moins.

Cependant, comme la réplique de M. Hébert contient plusieurs assertions inexactes et qui pourraient retarder, si elles n'étaient redressées, l'accord que je prévois devoir s'établir entre nous sur les questions principales, je suis obligé d'en toucher deux mots, d'autant plus que mon mémoire sur les Bouches-du-Rhône et celui sur les Cévennes, qui n'est point encore imprimé à l'heure où j'écris ces lignes, me paraissent contenir tous les arguments que je peux réclamer à la contrée

pour faire accepter ma classification de terrains. Si les dissidences n'étaient point effacées à la suite des preuves nouvelles que j'ai apportées, je n'aurais plus à intervenir dans le débat. Ce serait au temps et aux géologues, nos juges, de décider de quel côté, des dissidents ou de moi, se trouve la vérité.

Les questions sur lesquelles j'ai à fournir des explications sont au nombre de quatre ; je vais les traiter successivement.

1^o Les calcaires blancs à *Diceras* des environs de Marseille sont crétacés, suivant M. Hébert, parce que il y aurait recueilli un fragment de *Caprotina* indéterminable, sans avoir eu la fortune d'y recueillir des *Diceras* véritables, que d'autres observateurs y ont découvertes.

Je n'ai point eu entre les mains les *fragments* de bivalves recueillis par M. Hébert dans les calcaires blancs du vallon de la Cloche, et que M. Munier-Chalmas a attribués au genre *Caprotina*. J'aurais donc mauvaise grâce d'abord, et ensuite je n'aurais aucune qualité, pour contester le mérite de cette détermination. En admettant qu'elle soit exacte, ce que je suis disposé à accepter d'après la valeur de l'autorité que l'on invoque, il sera reconnu seulement que ce genre avait déjà fait son apparition, non point pendant la période crétacée, comme on l'avait cru jusqu'ici, mais pendant une période jurassique. Mais, d'un autre côté, que M. Hébert, qui n'a *jamaï vu les coquilles de Diceras complètes* que j'ai retirées des mêmes bancs, et qui sont, quoiqu'il en dise, des véritables *Diceras*, ou *D. arietina*, ou *D. Escheri*, ou peut-être les deux à la fois, ou bien une espèce nouvelle, mais dans tous les cas très-voisine du *D. arietina*, que M. Hébert nie, parce qu'il n'aura pas eu l'occasion d'en trouver dans les quelques minutes qu'il a consacrées à l'exploration géologique des lieux et à la recherche des fossiles, l'existence d'un genre recueilli par moi d'abord, et plus tard par d'autres géologues, et que, partant de ce fait purement négatif, il proclame urgonien, un calcaire incontestablement jurassique, en s'appuyant sur l'autorité, non point d'une espèce indiscutable, mais d'un genre seulement, M. Hébert me permettra, une fois encore, de ne pas être de son école dans cette circonstance, ce mode particulier de conclusion me paraissant dangereux à l'extrême, surtout quand il s'agit d'un terrain qu'on a étudié soi-même et qu'on avait la faculté de classer sûrement par d'autres moyens indépendants de la paléontologie, dont j'admets que les préceptes ont été faussement appliqués dans le cas actuel. La manière de procéder de M. Hébert me remet en

mémoire que M. de Buch s'était servi précisément d'arguments de même force contre M. Bayle et moi, en niant dans le Chili, malgré le témoignage fourni par le *Spirifer rostratus*, l'existence du lias dans l'Amérique méridionale, à cause de la présence du genre *Janira*, que quelques années plus tard M. de Verneuil découvrait dans le lias de l'Espagne.

Je maintiens donc d'autant plus affirmativement que ce sont des *Diceras* et non des *Caprotina* que j'ai recueillis dans les calcaires blancs du vallon de la Cloche, que, depuis, ma collection s'est enrichie de nouveaux exemplaires, et, en outre, du *D. Lucii* (celui du mont Salève), de la *Terebratulina Repeliniana* et d'autres espèces saléviennes. Puisque M. Hébert a retiré, ce sont ses propres expressions, sa confiance à mon assertion, parce qu'il a admis par pure supposition, que les *Diceras*, que ni lui ni M. Munier-Chalmas n'ont jamais vus ni pu comparer, par conséquent, étaient des *Caprotina*, il doit, par voie de conséquence logique, me restituer sa confiance première; et alors il sera de l'avis de MM. Pictet, Garnier, Gauthier, Péron, et de tous ceux qui ont vu les pièces dans mon cabinet et sur les lieux. L'examen des échantillons, ou un peu plus de confiance dans mes paroles, lui eût épargné l'illogisme dans lequel il est tombé.

La question, au surplus, était avant tout une question de stratigraphie plutôt qu'une question de paléontologie à résoudre dans le cabinet, sur quelques fragments mutilés de coquilles et en dehors du terrain. Ainsi, de ce que d'après l'attestation de M. Hébert le genre *Caprotina* existe dans les calcaires à *Diceras* du vallon de la Cloche, ce fait ne saurait jamais m'entraîner à les transporter dans l'urgonien, quand il est aussi clair que le jour que ces calcaires se trouvent placés au-dessous de l'étage valenginien.

M. Hébert rendrait un grand service à la science en faisant connaître par des figures la *Caprotina* du vallon de la Cloche; car cette découverte constitue un fait nouveau et très-intéressant au point de vue de la distribution des genres au sein des terrains sédimentaires.

Je possède des environs de Ganges, du vallon de la Cloche et du bois de Mounier une série de *Diceras* qui sont formés de deux têts distincts, dont l'extérieur est lisse et ne peut être distingué du *D. arietina*, tandis que l'intérieur, qui possède un sillon longitudinal médian et est orné de stries parallèles, ressemble, à première vue, à la grande valve de la *Caprotina*

Lonsdalii qui a conservé son têt, à cette différence près, que ce système d'ornementation est commun aux deux valves du *Diceras*. On dirait deux genres greffés sur un même individu, si on examinait séparément chacune des deux tuniques. Je possède également cette *Pseudo-Caprotina* du vallon de la Cloche, et je suis parvenu, par des enlèvements partiels de la première enveloppe, à mettre en évidence, sur le même échantillon, les caractères si bizarrement différents des deux têts, caractères déjà signalés par M. Favre pour les *Diceras* du mont Salève. Mais je le répète, quand on ne considère que le test extérieur et que la coquille est complète, je défie l'œil le plus exercé de pouvoir distinguer ce *Diceras* du *D. arietina* du corallien séquanien de Tonnerre. Pour mon propre compte je n'ai jamais pu opérer cette distinction ni la faire établir par les paléontologues auxquels j'ai montré mes échantillons. Quoiqu'il en soit, l'espèce est certainement jurassique, et c'est là le point capital de la question.

Je ne puis que repousser par conséquent le reproche que m'adresse M. Hébert d'avoir pris des *Caprotina* pour des *Diceras*. Sept ou huit échantillons de bonne conservation sont là pour appuyer mon affirmation ; mais je ne commettrai jamais pour cela l'inconséquence d'affirmer que la *Caprotina* trouvée par M. Hébert, que je n'ai point vue, pas plus qu'il n'a vu lui-même mes *Diceras*, soit un *Diceras*, par la raison seule que, dans le vallon de la Cloche ainsi que dans les calcaires blancs du Gard et de l'Hérault, contemporains de ceux de Marseille, il ne m'a été donné jusqu'ici de ne mettre la main que sur des *Diceras* et jamais sur des *Caprotina*. Je persiste à considérer encore comme *Diceras* les bivalves remarquées par M. Mathéron et moi dans les calcaires blancs du quartier de la Pouraque, au-dessus de Solliès-Toucas, calcaires qui se trouvent placés, comme ceux de Marseille, entre les dolomies jurassiques de Saint-Hubert et le valenginien, à moins qu'il ne me soit démontré que ces *Diceras* soient encore la *Caprotina* découverte par M. Hébert dans le vallon de la Cloche ; mais, quand même cette démonstration me serait fournie, je ne placerais pas moins ces calcaires de la Pouraque au niveau de ceux de la Nerthe, en les séparant soigneusement des calcaires à *Caprotina ammonica*, qui, sur ces deux points, sont superposés aux marnes d'Hauterive.

Je suppose que M. Hébert n'a pas eu présents à son souvenir les lermes dans lesquels, en 1863, point de départ de son

opposition, il formulait son attaque contre moi, à l'occasion des fameux *Diceras*. Ces termes sont ainsi conçus (*Bull.* XXIII, p. 523) : « M. Coquand conteste que les calcaires de la crête de Chaudon appartiennent à l'étage oxfordien. Il en fait l'équivalent des calcaires blancs du Var et il les rapporte aux étages coralliens, kimméridgien et portlandien. Je pense aujourd'hui que M. Coquand est éclairé sur ces rapprochements.

Les calcaires du Var, grâce aux recherches de M. Dieulafait, sont crétacés et de l'horizon du *Requienia ammonia*, ceux du vallon de la Cloche (la Nerthe) également, car les fragments que j'ai recueillis ayant été préparés par M. Munier-Chalmas, il est devenu facile d'y reconnaître le genre *Requienia*, et, selon toute probabilité, la *R. Lonsdalii*. Quant à la crête de Chaudon, il n'y a absolument aucune raison d'en faire autre chose que de l'oxford-clay supérieur. » Sa réplique, au contraire, s'explique en ces termes (p. 432) : « que les calcaires qui renferment ces fossiles (*Caprotina*) soient inférieurs ou supérieurs au néocomien proprement dit, il ne m'appartient pas de le décider. La probabilité était alors pour les croire supérieurs, en raison même de ces fossiles qui, pour M. Coquand, étaient la preuve de leur âge corallien ; mais, par cela même que je n'ai point affirmé l'espèce de *Caprotina*, il est bien clair qu'il ne doit exister pour moi aucune preuve certaine pour les mettre à son niveau plutôt qu'à un autre. »

Je relève cette dernière phrase, car les membres de la Société, et M. Hébert était du nombre, ont pu s'assurer sur les lieux, comme d'ailleurs le démontre catégoriquement la coupe de M. Matheron, qu'il existe réellement deux niveaux de calcaires blancs, l'un supérieur au néocomien proprement dit et représentant l'argonien, mais placé en dehors du vallon de la Cloche, et l'autre inférieur au valenginien, le calcaire du vallon de la Cloche même, sur lequel a contesté M. Hébert ; que, dès-lors, en n'était plus fondé à admettre que les calcaires blancs inférieurs (que les *Livalves* qu'ils renfermaient fussent des *Diceras* ou des *Caprotina*) n'avaient pas une position exactement définie dans la série. On ne pouvait donc les rapporter au niveau de la *Caprotina Lonsdalii* qu'en outrageant ouvertement les lois de la succession des couches, et personne, excepté M. Hébert, n'a émis une pareille idée.

On voit de plus que, dans la pensée de M. Hébert, entre les marnes néocomiennes à Bélemnites plates et l'oxfordien, il ne

s'interposait, dans le col de Chaudon, aucune masse que l'on pût rapporter au corallien ou au jurassique supérieur, ou à l'étage tithonique. Or, voici qu'aujourd'hui M. Hébert incline vers l'opinion que les assises C et B de ma coupe de Chaudon (son oxfordien supérieur) peuvent correspondre à ce même étage tithonique, qui serait postérieur au portlandien du N. O. de l'Europe (p. 136) et antérieur au valenginien; si, de plus, comme y semble porté M. Zittel, d'après les confidences de M. Hébert, les calcaires à facies corallien de l'Échaillon, du mont Salève, de Rougon, de Marseille, du bois de Mounier, de la Séranne, et voire même ceux du Stramberg avec *Cidaris marginata*, *Desorella icaunensis*, *Pseudo-Desorella Orbignyana*, *Cardium corallinum*, etc., doivent également faire partie du même étage, ainsi que les assises ammonitifères de Berrias et de Ganges, il faudrait reconnaître que le nouvel étage tithonique ferait son entrée dans le monde géologique avec une représentation fort respectable sans doute, mais aussi avec une livrée passablement bigarrée.

Qu'une partie des calcaires des environs de Grenoble, celle qui contient les *Belemnites latus*, soit reconnue comme crétacée, je le conçois à merveille; mais que l'on entraîne dans le crétacé le mont Salève avec les *Rhynchonella Astieriana*, *Ostrea solitaria*, *Cardium corallinum*, *Pygurus Blumenbachii*, *Desorella icaunensis*, et avec le mont Salève le vallon de la Cloche avec *Diceras Lucii*, *Terebratula Repeliniana*, le bois de Mounier et Cazillac avec *Cardium corallinum*, *Cidaris bavarica*, j'avoue que je ne trouve dans mes études personnelles aucune raison qui puisse justifier un déplacement si hardi, pour ne pas dire si téméraire; car, si ces calcaires corallifères deviennent crétacés, ceux de Tonnerre et d'Angoulins qui renferment la même faune, les calcaires corallifères du Stramberg, qui outre les fossiles déjà indiqués plus haut, possèdent le *Rhynchonella Astieriana*, une des Térébratules trouées, *T. Janitor* ou *diphyoides* (Suees), la *Terebratulina substriata*, le *Prosopon rostratum*, la *Nerinea bruntrutana*, l'*Ammonites Gravesanus* et tant d'autres de date séquanienne, c'est-à-dire du corallien supérieur d'Angoulins et de Tonnerre, deviennent crétacés à leur tour, et, dans ce cas, j'avoue que je ne comprendrais plus la la valeur des reproches que l'on a pu adresser aux géologues qui avaient intercalé dans le lias les plantes houillères de la Tarentaise et les Ammonites kelloviennes de la Voulte. Ils avaient au moins pour excuses les études moins avancées en

paléontologie à l'époque où ils écrivaient, qu'elles ne le sont aujourd'hui.

Je comprendrais difficilement comment, en présence d'une faune qui parle si haut, on pourrait, pour étouffer sa voix, s'attacher à quelques différences légères et qui ne dépassent pas le cercle de variations dans lequel évolue l'espèce. Il s'agit principalement de savoir si tous les fossiles séquanien que nous avons nommés et auxquels on peut ajouter l'*Astrea Burgundia*, la *Terebratulula equestris*, du midi de la France, occupent dans les autres localités où ils ont été observés une position certaine et incontestable. S'il en est ainsi, l'analogie conduit à admettre qu'une distribution identique doit le vérifier pour le mont Salève, l'Échaillon, le vallon de la Cloche, le bois de Mounier, la Séranne; donc, ces divers gisements sont, *a priori*, kimméridgiens, du moins dans les assises qui contiennent les faunes d'Angoulins et de Tonnerre, en ayant bien soin de ne pas confondre étage avec contrée, surtout dans les régions où le caractère pétrographique uniforme, une stratification confuse, et des couches difficiles à numéroter, n'ont point encore permis d'établir bien exactement la position relative des assises ou des étages, c'est-à-dire la pagination.

Mais poursuivons, par voie de déduction, les conséquences dans lesquelles entraînerait l'annexion, au mépris des données analogiques dans l'étage tithonique, du klippenkalk corallifère du mont Salève, de l'Échaillon, etc. Non-seulement ces stations deviendraient postportlandiennes, mais encore les calcaires corallifères du mont du Chat que recouvrent, d'après M. l'abbé Vallet, les calcaires lacustres purbeckiens, et ceux du Creys que M. Lory parallélise avec le corallien de l'Échaillon et qui sont surmontés par les bancs à *Ostrea virgula*, exactement comme les coralliens de Tonnerre et d'Angoulins. Que ferait-on, dans ce cas, de l'*Ammonites Lallerianus* que M. Boutin recueille dans l'Hérault au-dessous du valenginien? Que deviendront à leur tour les *Ammonites Lallerianus* et *Gravesanus* trouvées à Escragnolles dans les calcaires lithographiques que M. Hébert reconnaît comme supérieurs aux assises à *Rhynchonella Astieriana* et inférieurs au néocomien, et l'*Ostrea virgula* que d'Orbigny a recueillie entre Cues et Brignolles? M. Hébert, il est vrai, doute de l'existence de cette dernière espèce dans la Basse-Provence (comme il nie celle de Dicérates dans le vallon de la Cloche), parce que, dit-il, elle n'y a pas été retrouvée. Cette raison est insuffisante et n'est nullement scienti-

fique. Il s'agit de savoir, non pas si elle a été retrouvée, mais bien réellement trouvée. Or, ce serait faire gratuitement une insulte à la conscience et au talent paléontologique de d'Orbigny que de supposer qu'il ait voulu tromper les autres ou qu'il se fût trompé lui-même à ce point, d'autant que je crois avoir de bons motifs pour penser que cette espèce se trouve engagée, sous forme de lumachelle, dans la plaque du calcaire lithographique de Chaudon qui contient les *Hemicidaris*. J'ignore si M. Hébert s'est chargé lui-même de la recherche de l'*Ostrea virgula* entre Cuers et Brignolles où d'Orbigny la cite ; mais, quand on ignore le point précis où un fossile a été rencontré par un premier observateur, surtout dans un pays de montagnes, il n'est pas toujours facile à un second observateur de tomber juste sur ce point. J'en ai fait mille fois l'expérience, et souvent, si j'en'avais été conduit, ou si je n'avais conduit moi-même les géologues sur les lieux, un gisement de fossiles serait passé complètement inaperçu. Bien que tous les géologues Marseillais se soient donné, mais en vain jusqu'ici, toutes les peines imaginables pour retrouver au vallon de la Cloche les Caprotines recueillies par M. Hébert, l'insuccès de leurs recherches ne les autorisera jamais, et aucun d'eux n'en aurait la pensée, à supposer que ce savant se soit trompé ou ait voulu tromper les autres, en signalant la découverte d'un rudiste au sein des terrains jurassiques.

Ce n'est pas en se montrant très-coulant sur les points importants et difficiles à l'excès, sur l'absence ou la présence d'un genre de coquilles, ou en suspectant, sans motifs, l'exactitude des faits qui vont à l'encontre d'une théorie préconçue et qui cependant peuvent avoir été exactement observés, qu'on sert utilement les intérêts de la science. L'attaque ne devient légitime qu'à la condition d'avoir prouvé par des arguments péremptoires que l'observateur que l'on combat s'est réellement trompé. Tant que ces preuves ne sont pas produites, les convenances, comme la justice, ordonnent d'attendre et de réserver son opinion.

Je n'ai pas la prétention, comme on le pense bien, de pénétrer dans cette nouvelle Babel, où, pour se comprendre, il conviendrait de procéder préalablement à une étude complète du klippenkalk du Stramberg et des klippenkalk qui peuvent lui correspondre ailleurs. En l'absence de documents suffisants, il est plus prudent de s'abstenir. On évite par ce moyen de faire dégénérer en disputes d'école une question qui ne doit

relever que du domaine de l'observation directe. Mais, sans sortir de ma sphère d'action, c'est-à-dire du midi de la France, je déclare qu'aucun fait ne m'autorise jusqu'ici à accepter l'assimilation proposée. Pour que l'idée contraire à la mienne prévalût, il faudrait démontrer que la faune ammonitifère de Berrias et de Ganges qui, entre autres fossiles, renferme les *Belemnites latus*, *Ammonites neocomiensis*, *Grasianus Aptychus Didayi*, *Natica Leviathan*, etc., est la même que la faune corallienne du bois de Mounier, de la Séranne, du vallon de la Cloche; mais justement il existe entre les deux faunes que contiennent ces bancs, non-seulement une antipathie absolue, mais encore discordance entre les bancs eux-mêmes; on ne cite aucune espèce commune, et de plus le caractère pétrographique est complètement différent. Il existe donc là, je ne dirai pas deux étages, mais deux terrains différents.

Dans les Bouches-du-Rhône comme dans l'Hérault, au contraire, on remarque entre les calcaires oxfordiens supérieurs qui supportent les dolomies et les calcaires blancs auxquels ces dernières servent de piédestal, on remarque, vers les points de contact, une double alternance qui indique clairement les liens de parenté qui unissent ces trois termes et les tiennent subordonnés les uns aux autres dans une série continue, tandis qu'un hiatus irréconciliable s'ouvre brutalement entre ces mêmes calcaires blancs et l'étage valenginien. Aucun des fossiles de la faune de Berrias ne passe dans les calcaires blancs, et réciproquement. J'ai donc le droit de m'enquérir, si, au Stramberg, où l'on paraît admettre que les deux faunes berriasiennes et coralliennes peuvent être représentées, les choses ne se passeraient pas de la même manière que dans le midi et si le nouvel étage tithonique n'engloberait pas deux faunes qui s'excluent radicalement, et que, faute de renseignements suffisants, on suppose réunies et mélangées au Stramberg, de sorte qu'on pourrait être entraîné à plaquer un étage jurassique contre un étage crétacé.

On opérerait un placage réel, si on procédait à un mariage de ce genre entre les calcaires blancs à *Diceras* de Marseille ou de l'Hérault avec le valenginien. Il n'y aurait plus alors à s'étonner d'un mélange d'espèces jurassiques et d'espèces crétacées. M. Hébert a eu à sa disposition la collection des fossiles des calcaires à *Diceras* de l'Hérault, réunis par M. Jeanjean, qui est la plus complète que l'on possède de cet horizon. J'ai réuni moi-même une suite assez considérable de ces

mêmes fossiles que M. Pictet a eu l'occasion d'examiner à Marseille. J'ai retrouvé parmi eux les types les plus répandus et les plus accrédités du corallien supérieur de l'Yonne et de l'Aube. M. Hébert, mieux que personne, pourra nous renseigner sur ce corallien méridional, nous dire s'il correspond à celui de Châtel-Censoir ou à celui de Tonnerre, ou bien, si avec ceux de l'Échaillon et du mont Salève il constitue un corallien indépendant des deux premiers, plus élevé dans la série et qui serait à cheval entre le terrain jurassique et le terrain crétacé, c'est-à-dire postportlandien et antévalenginien. Dans tous les cas, il serait curieux de voir un terrain, qu'un auteur a refusé de considérer comme jurassique, parcequ'il a supposé, à tort, qu'il ne contenait pas de *Diceras*, proclamé crétacé aujourd'hui par le même auteur, quoiqu'il en contienne. Voilà où aurait abouti la discussion de la valeur d'un genre rétabli d'après des fragments mutilés, dans une question de stratigraphie pure !

La grande antipathie que l'on remarque entre le klippenkalk du midi et le valenginien, antipathie si clairement dénoncée par les perforations des Pholades, n'avait point échappé à la sagacité de M. E. Dumas. Cette observateur (*Bull. III*, p. 624), après avoir mentionné le coral-rag de la Séranne, ajoute : « qu'il n'a rencontré, au-dessus de ce niveau, aucune assise qu'on puisse assimiler aux groupes kimméridgien et portlandien, que de plus, on observe que les couches oxfordienne et corallienne, lorsqu'elles sont en contact avec celles de la formation néocomienne, *ce qui arrive dans un grand nombre de points*, sont toujours recouvertes par ce dernier terrain en stratification très-discordante, circonstance qui ne permet pas d'établir le moindre rapprochement entre la base de cette formation et le terrain jurassique, comme quelques géologues du midi ont cherché à le faire. »

Ces observations concordent, comme on le voit, avec celles qui me sont personnelles pour les Bouches-du-Rhône.

M. Hébert ne croit point à l'existence du jurassique supérieur dans les diverses localités provençales que j'ai décrites, parce que je n'ai pu produire *aucune espèce jurassique*. Cette assertion manque d'exactitude. Sans parler du *Cidaris florigemma* et de l'*Hemicidaris purbeckensis* qui devraient changer de nom, mais qui ne sont pas moins du jurassique supérieur à l'oxfordien, quelque nom qu'on leur donne, je ferai remarquer que j'ai cité les *Diceras arietina*, *Nerinea Gosæ* et *N. bruntrutana*,

Apiocrinus Roissyanus, *Prosopon rostratum*, *Terebratula Repeliniana* liste à laquelle il convient d'ajouter l'*Exogyra virgula* citée par d'Orbigny aux environs de Brignolles, les *Cidaris florigemma* (*Blumenbachi*), *Rhynchonella Astieriana* et plusieurs autres fossiles du même horizon à Escragnolles, enregistrés par M. Hébert lui-même (*Bull.* XIX, p. 119). Et d'un autre côté, comment se fait-il que, lorsqu'il m'oppose l'absence de fossiles pour résoudre la question, cet observateur fait justement de l'âge de ces mêmes montagnes une question paléontologique, en concluant carrément d'abord pour une date oxfordienne, à cause de l'*Ammonites plicatilis*, et en les remontant aujourd'hui au niveau du tithonique postportlandien, malgré la présence de cette même Ammonite ?

Mais c'est précisément à cause de la difficulté qu'on éprouve de pouvoir détacher les fossiles de bonne conservation dans les calcaires blancs ainsi que dans les calcaires lithographiques, qu'il n'est pas possible de recourir toujours à la méthode paléontologique, et que j'ai dû invoquer la méthode moins expéditive, mais plus sûre, de la stratigraphie. En effet, M. Hébert peut-il se flatter d'avoir fait une application bien heureuse du caractère paléontologique soit pour le col de Chaudon, soit pour les calcaires blancs du vallon de la Cloche ? Ces derniers, qui étaient jurassiques pour lui, lorsqu'il était de sa personne sur les lieux, ne sont devenus crétacés qu'à Paris, quand on a reconnu qu'ils contenaient le genre *Caprotina*, et quand on a supprimé d'office et sans raison le genre *Diceras* qu'ils contiennent également. C'est comme si on niait à Toulon, au dessous du muschelkalk, l'existence du grès bigarré, parce qu'on n'y aurait point trouvé la *Voltzia brevifolia*. Cet exemple prouve déjà qu'il ne faut point traiter avec trop de dédain les études stratigraphiques, puisqu'en errant sur la détermination d'un fossile, ou en interprétant mal la distribution d'un genre, on a erré sur l'étage, et que, si l'on peut reprocher aux fossiles de passer d'un étage dans un autre, au moins un pareil reproche ne saurait atteindre les étages eux-mêmes.

L'interprétation des fossiles, dont j'ai constamment exalté l'utilité, donne plus de précision à la délimitation des étages, j'en conviens ; mais vouloir tout subordonner aux fossiles dans les Hautes-Chaînes, quand les fossiles sont rares ou mal conservés, c'est sacrifier le plus souvent le fond à la forme. Je n'en veux pour preuves que le peu de valeur que M. Hébert, dans certains cas, attribue lui-même à la signification des fos-

siles, auxquels, suivant les besoins des théories qu'il soutient, il fait parler deux langages différents. Ainsi, quand pour la Charente et pour les Pyrénées, il persiste à retenir dans la craie marneuse les bancs qui renferment les *Conoclypus Leskei*, *Faujasia Faujasi*, *Ostrea larva*, *O. decussata*, *O. cornu-arietis*, *O. vesicularis*, *Sphærulites Hæninghausi*, *Hippurites radiosus*, *Ananchytes orata*, *Nerita rugosa*, etc., etc., tous fossiles qui sont incontestablement au dessus du *Micraster coranguinum* et de l'*Ostrea frons*, et qu'à Maëstricht il fait remonter jusqu'au sommet de la craie blanche les bancs dans lesquels on trouve ces mêmes espèces, il me semble que c'est faire bon marché de la paléontologie et que dès-lors on ne doit point se montrer si difficile ailleurs et invoquer, pour faire triompher son opinion, un principe dont on a sapé les fondements dans une autre question du même ordre. Je me garderais bien, pour mon propre compte, de nier jamais d'une manière absolue la présence ou l'absence d'un genre de coquilles dans un terrain stratifié quelconque ou d'en tirer des conséquences prématurées ; ce sont là des procès qu'on ne peut juger que sur pièces ; or, prétendre les juger sans même avoir vu les pièces ou les avoir eues à sa disposition, le juge qui procéderait de la sorte s'exposerait au reproche de légèreté, sinon de prévarication.

Je ne saurais trop m'étonner de la tournure qui a été donnée à la fameuse question de l'âge du calcaire de la Porte-de-France. Introduite dans la discussion au nom de la paléontologie seulement, on s'est peu préoccupé de la place tenue par les fossiles d'abord, et en second lieu on a discuté sur leur détermination sans pouvoir s'entendre sur le nom à leur donner. On a cherché à insinuer que toutes les Térébratules trouées se rapportaient à une espèce unique et étaient néocomiennes, la *T. diphyoides* de Berrias étant incontestablement néocomienne comme la faune du Stramberg contient, avec des Térébratules trouées (*T. Janitor*), des céphalopodes dont on considère quelques-uns comme identiques à ceux de Berrias, on avait admis que le klippenkalk de cette localité fameuse était crétacé et de l'âge du calcaire à *diphyoides* des Cévennes, et, par suite, du calcaire à Térébratules trouées des environs de Grenoble. Or, en analysant la faune du Stramberg, on remarque qu'il y existe beaucoup plus d'espèces jurassiques que d'espèces proclamées crétacées. Si les Ammonites, quelques-unes du moins, peuvent être valenginiennes, si l'*A. ptychoicus*, par exemple, est la même que l'*A. semisulcatus*, l'*A. Liebigi* se confond avec l'*A. subfim-*

briatus, question pour laquelle je déclare mon incompétence il n'en est pas de même pour le *Cardium corallinum*, l'*Acroveltis æquituberculata*, et une légion d'autres fossiles, qui occupent ailleurs des stations incontestablement jurassiques; de sorte que si, pour soustraire le calcaire de la Porte-de-France à *T. Janitor* au jurassique, on s'est appuyé sur la paléontologie, on viole ouvertement les règles de la paléontologie en proclamant postportlandienne, au Stramberg, une faune qui est inférieure en France, au niveau de l'*Ostrea virgula*, et on compose ainsi un étage hybride qui, comme Janus, a deux faces, dont l'une, qui symbolise le néocomien, se trouve éloignée de l'autre qui symbolise le séquanien, de toute l'épaisseur des systèmes portlandien et virgulien. Dès lors cet étage ne présente plus un mélange de fossiles appartenant à deux étages contigus, ce qui pourrait, à la rigueur, se comprendre, mais bien à deux étages qui sont séparés par le portlandien et le virgulien.

Dans le Jura central et dans les Alpes dauphinoises, savoisiennes et provençales, les divers étages de la formation crétacée se correspondent très-exactement depuis le gault jusqu'au valenginien, comme l'atteste la présence de la *Natica Leviathan* dans l'Ain, au mont Salève, à Nice, à Marseille et dans le Gard. Dans le Jura, le valenginien possède au dessous de lui les couches lacustres de Purbeck, qui se montrent encore au mont du Chat, le portlandien, le kimméridgien, le séquanien, le corallien et l'oxfordien. Dans les Alpes dauphinoises et provençales, le valenginien s'appuie indistinctement sur des calcaires lithographiques (environs de Grenoble, Escragnolles, col de Chaudon), ou bien sur des calcaires blancs (mont Salève, Marseille, Bois de Mounier), qui contiennent la légion de fossiles séquaniens qui nous sont déjà connus. Au lieu de se laisser guider par l'ordre d'idées qui me paraît le plus logique, c'est-à-dire, de chercher les rapports qui, malgré des faciès pétrographiques différents, pourraient relier les Alpes et le Jura, on déserte, suivant moi, le véritable côté de la question, la stratigraphie, pour s'attacher à un rostre de Térébratule ou à une baguette d'oursin; on force les différences ou les ressemblances de tel ou tel fossile, dans un sens ou dans un autre, suivant qu'il convient de rendre une assise jurassique ou crétacée, et on cherche à élever un édifice dans les plans duquel on ne reconnaît plus les règles de l'architecture géologique.

Pour expliquer les anomalies réelles ou apparentes, on sup-

pose (1) qu'un premier mouvement de bascule laissa émergées, après la période oxfordienne, les terres dans le Dauphiné, pendant tout le temps qu'il fallut au corallien, au kimméridgien et au portlandien pour se déposer dans le Jura. A la suite d'un second mouvement de bascule, après le dépôt du portlandien, le Jura se trouva exondé à son tour, la mer revint dans le Dauphiné et y déposa sur l'oxfordien, le calcaire à *Terebratula janitor*, la brèche d'Aizy, les assises ammonitifères de Berrias et les marnes à *Belemnites latus* et *Ammonites neocomiensis*. Enfin un troisième mouvement de bascule, après le dépôt des marnes à *Belemnites latus*, rétablit les communications deux fois interrompues de l'antique Océan entre le Jura et les Alpes, et les dépôts crétacés continuèrent à se correspondre jusqu'au gault, dans les deux chaînes de montagnes.

Cet arrangement tient presque du merveilleux, et, si les choses se sont ainsi passées, il est surprenant qu'on ait jamais pu trouver jusqu'ici dans le Dauphiné une ligne bien tranchée de séparation entre l'oxfordien et les bancs à *Terebratula janitor*, l'oxfordien devant avoir été dégradé et profondément raviné, puisqu'il fut exposé pendant une longue série de siècles aux injures atmosphériques, avant d'avoir été recouvert par les premiers sédiments crétacés. Il me paraît aussi chose peu justifiée, de créer deux valenginiens, un valenginien dauphinois et provençal et un valenginien jurassien, qui renferment l'un et l'autre, des fossiles communs, entre autres la *Natica Leviathan*, car on ne doit considérer les couches ammonitifères de Berrias et de Ginestous que comme un accident local insignifiant au point de vue des masses (2 à 4 mètres de puissance), et dans lesquelles reparaissent les *Ammonites Grasianus*, *A. neocomiensis*, *Belemnites latus*, des marnes supérieures.

Dans tous les cas, au-dessous de la faune de Berrias, qui est néocomienne pour tout le monde, nous retrouvons dans l'Hérault les calcaires corallifères d'Aizy, que l'on considère comme crétacés dans le Dauphiné et que nous reconnaissons comme jurassiques dans les Cévennes et dans le Midi, ce qui entraîne dans le jurassique les calcaires lithographiques à *Terebratula janitor* (n° 2 de M. Pictet) de la Porte-de-France, qui sont inférieurs aux premiers; et, si nous consultons la liste des fossiles que contient cette brèche (Pictet, *Mélanges*, p. 300), à part l'*Ammonites privasensis* qu'on ne parvient pas à distin-

(1) *Geological Magazine*, t. VI, juin 1869.

guer des *A. Calisto*, d'Orb., et *transitorius*, Oppel, et le *Cidaris nobilis*, dont on ne possède qu'un fragment, à part ces deux fossiles, les autres sont tous jurassiques ou nouveaux et rappellent le séquanien de Tonnerre et de Nattheim. Dans les calcaires lithographiques d'Aizy, qui se trouvent placés entre l'oxfordien supérieur et même entre les bancs à grands *Aptychus* et la brèche corallienne, on signale une seule espèce crétacée, l'*Ammonites Calypso*, dont les caractères distinctifs sont si difficiles à saisir ; les autres Ammonites sont strambergiennes. Enfin, dans le n° 3 des calcaires de la Porte-de-France, qui serait une assise intermédiaire entre les bancs à *Terebratula janitor* et la brèche d'Aizy, on ne cite, comme crétacé que le *Metaporinus berriasensis*, d'abord trouvé différent du *M. transversus* jurassique de d'Orbigny, et puis réuni à ce dernier, malgré des différences signalées.

Je sais que M. Hébert a contesté la légitimité de plusieurs espèces créées par M. Pictet ; mais cette contestation, en la supposant fondée, ne saurait supprimer un grand nombre d'espèces purement jurassiques, logées entre le valenginien berriasien (qui pour nous est la base de la grande formation crétacée) et l'oxfordien le plus supérieur ; d'où il découle, d'après ma manière de voir, que la brèche d'Aizy et le calcaire à *Terebratula janitor* occupent une position jurassique, si on reconnaît l'autorité séquanienne des *Acropeltis æquituberculata*, *Cidaris glandifera*, *Terebratulina semistriata*. La paléontologie, considérée dans son ensemble et dans les types exclusivement kimméridgiens qu'elle renferme, est donc ici d'accord avec la stratigraphie pour montrer, dans les masses puissantes qui contiennent ces types, une station du jurassique supérieur. Aussi, pour échapper à ces difficultés, et pour expliquer la présence de ces fossiles jurassiques au sein de couches que l'on veut crétacées, M. Hébert est forcé d'avoir recours à des remaniements qui auraient arraché ces fossiles à leurs gisements primitifs pour les incorporer dans les brèches corallifères d'Aizy : hypothèse plus facile à inventer qu'à justifier par des faits d'observation (1).

(1) Le *Cidaris glandifera*, l'*Engeniocrinus Heberti*, le *Belemnites Pelati* et le *Millericrinus* figuré par M. Pictet, ont été retrouvés par nous à Cazillac, près de Ganges, non point dans une brèche comme à Aizy, mais bien dans un calcaire compacte. On ne saurait donc invoquer pour l'Hérault l'hypothèse d'un remaniement de fossiles jurassiques. Autant que j'ai pu

Enfin, s'il est vrai que les calcaires blancs à *Diceras* et à *Nérinées* du Monte-Peregrino et des Madonies en Sicile, que l'on avait rapportés d'abord au corallien proprement dit, et dont la forme les rapproche au contraire plutôt du corallien du mont Salève et du bois de Mounier, renferment la *Terebratula janitor*, la présence de ce brachiopode, qui jusqu'ici semblait être cantonné plus spécialement dans les calcaires lithographiques, aidera à établir la contemporanéité de ces derniers avec les assises à faciès franchement corallien. Il ne s'agira plus que de démontrer que le bois de Mounier et le Mont-Salève sont les équivalents de Tonnerre et d'Angoulins, pour avoir la clé du problème.

Si donc les calcaires ammonitifères de Berrias, de Ginetous et du bois de Mounier, dans lesquels on recueille le *Bellemnites latus* et la *Natica Leviathan*, sont réellement la base du terrain néocomien dans le Gard, la Provence et la Savoie, et si les bancs à *Ammonites flexuosus* et *polyplocus* représentent l'oxfordien supérieur, il me paraît bien difficile de ne pas l'admettre pour les deux premières régions; il ne reste plus qu'à examiner, au point de vue des masses d'abord et au point de vue paléontologique ensuite, les assises qui s'interposent entre ces deux jalons numérotés, et, s'assurer si elles ne pourraient pas correspondre, quoique avec des faciès différents, au kimméridgien marneux du Jura. Si le fait se vérifiait, on aurait l'avantage immense d'apporter une grande simplification dans les classifications des terrains et de substituer des équivalents géologiques à ces mouvements de bascule, dont l'intervention sent toujours quelque chose de forcé, et rappelle un peu trop le *Deus ex machinâ*.

J'aurai bien garde de souffler sur la question encore brûlante et épineuse du calcaire de la Porte-de-France, puisque les auteurs qui s'en sont occupés avec le plus d'autorité se trouvent obligés de modifier leurs opinions à de courts inter-

le constater, la position de ces espèces m'a paru être dans les parties supérieures des calcaires blancs et un peu plus haut que les bancs à *Diceras*. Les stations fossilifères se trouvant irrégulièrement distribuées au milieu du klippenkalk sous forme d'oasis isolées, l'uniformité du caractère pétrographique ne permet guère de dépecer le massif en zones distinctes; mais, à coup sûr, les espèces que nous venons de nommer ne font point partie des bancs valenginiens à *Ammonites berriasiennes* qui se montrent dans leur voisinage.

valles de temps, sans même en avoir encore d'arrêtées, ou de poser la question, si le klippenkalk du Stramberg, pris dans son ensemble, correspond au Berrias ammonitifère de l'Ardèche et aux calcaires corallifères du mont Salève, de la Provence et des Cévennes, ou à ces derniers seulement; mais j'ai le droit de dire, pour défendre mes calcaires à *Diceras* du Midi de la France, qu'eux et les dolomies qui les supportent reposent incontestablement sur l'oxfordien le plus supérieur (argovien) et qu'ils sont recouverts par le valenginien avec *Natica Leviathan* à Marseille, et à *Ammonites berriasiennes* et *Natica Leviathan* dans le Gard et dans l'Hérault. Ces masses tiennent la place du corallien et du jurassique supérieur. Il en est ainsi pour les calcaires à *Diceras* du mont Salève, de l'Échaillon, du Mont-du-Chat, de Creys, du Rougon et d'Escagnolles. Si tous ces calcaires, outre leur position, renferment *Diceras arietina*, *D. Lucii*, *Terebratula Repeliniana*, *Rhynchonella Astieriana*, *Ostrea solitaria*, *Cardium corallinum*, *Prosopon rostratum*, *Nerinea bruntrutana*, *Terebratula equestris*, *Cidaris glandifera*, *Acropeltis æquituberculata*, *Cidaris bavarica*, *Astrea Burgundiae*, si tous ces fossiles sont kimméridgiens à Tonnerre, à Angoulins, en Algérie et en Allemagne, ne deviendra-t-il pas évident que ces calcaires seront, sinon dans tous les détails, mais dans leur ensemble, les représentants de l'étage kimméridgien? Et d'un autre côté, si les *Ammonites Lallerianus*, *A. longispinus*, *A. Grævestanus*, recueillies à Escagnolles et à Ganges, occupent dans le Midi la même position que dans le Nord de la France, n'aurons-nous pas dans le Midi un jurassique supérieur aussi complet que dans le Nord?

Si, pour justifier mon opinion, il fallait opposer des facies à des facies différents pour une même formation géologique dans un même étage, je n'aurais que l'embarras du choix. Ainsi l'urgonien de la Provence ne ressemble nullement à celui de l'Espagne, quoique synchroniques; la craie moyenne de la Provence, avec ses colonies variées de rudistes à divers niveaux, n'offre rien de comparable avec celle des Basses-Alpes, du Nord de la France et de l'Angleterre, quoique synchroniques; le jurassique marneux d'Aix diffère complètement de l'oxfordien lithographique de Marseille, quoique contigus l'un à l'autre et synchroniques; et, comme la physionomie générale des faunes varie suivant le facies minéralogique, il ne faut point trop s'étonner si le klippenkalk corallien des Alpes dauphinoises, savoisiennes, provençales et languedociennes qui, par

un certain nombre de ses fossiles, correspond à la dynastie kimméridgienne, diffère tant du kimméridgien des environs de Besançon qui est marneux, et se rapproche tant du kimméridgien corallifère et lithographique du Mont-d'Or (Jougne), qui n'est qu'à deux pas et la suite non interrompue du kimméridgien marneux de Besançon et de Déservillers. Il serait puéril d'attacher à ces différences plus d'importance qu'elles ne méritent et qui d'ailleurs sont du ressort de l'abécédaire géologique, c'est-à-dire des principes les plus élémentaires de la science.

Il est donc inutile d'insister sur ce point. Si on voulait repousser l'assimilation que je propose, il faudrait, pour être conséquent avec soi-même, faire le procès au kimméridgien d'Angoulins et de Tonnerre, et je ne doute pas qu'on ne le lui eût intenté, s'il ne s'était trouvé là un avocat redoutable, l'*Ostrea virgula*, qui n'aurait pas manqué d'opposer une fin de non-recevoir. Voilà les raisons qui me font croire fermement qu'une partie des calcaires lithographiques de Chaudon, qui se trouvent placés entre le valenginien et les assises à grands *Aptychus* correspondent au kimméridgien corallifère d'Escragnoles et de Rougon, qui se développe à quelques kilomètres de là. Simple question de facies.

Après les travaux de M. Pictet sur les Térébratules trouées, il faudrait se montrer bien difficile pour ne point reconnaître qu'elles constituent plusieurs espèces distinctes et qu'elles occupent des niveaux différents. Pour mon propre compte j'en connais deux, celui de Berrias à *diphyoides* qui est néocomien, et celui de Batna, en Algérie, qui est jurasique. Si, à l'occasion de l'âge séquanien que j'ai attribué au *Cidaris glandifera* de la province de Constantine, à cause de son association avec les *Ostrea solitaria*, *Hinnites inæquistriatus*, *Pinnigena Saussurei* et *Hemicidaris ovifera*, on m'a objecté que ces divers fossiles se trouvaient également dans le corallien, c'est qu'on considérerait comme corallien inférieur le corallien séquanien de Tonnerre, d'Angoulins et de l'Aube. Est-on bien certain aussi que le corallien supérieur de Saint-Mihiel et celui de Valfin, près Saint-Claude, ne soient pas les équivalents de celui de Tonnerre, quand on voit Étallon (1), qui connaissait si parfaitement son Jura, citer à Valfin

(1) Étallon. *Esquisse d'une description géologique du Haut-Jura, et en particulier des environs de Saint-Glaude.*

les *Cardium corallinum*, *Pinnigena Saussurei*, *Ostrea solitaria*, *Diceras arietina* et *D. Lucii*, *Terebratula equestris* et *Repeliniana*, *Hemicidaris ovifera*, *Nerinea bruntrutana*, *Astrea Burgundiaë*, etc. Étallon constate que ce corallien, sur le Brayon, est surmonté par 135 mètres de calcaires portlandiens (kimméridgien à *Ostrea virgula*). Si toutes ces espèces sont séquanienues à Tonnerre et à La Rochelle, elles doivent l'être également à l'Échaillon, au mont Salève, à Rougon, à Marseille, ainsi que dans les Cévennes et au Stramberg, à moins qu'on ne convainque la paléontologie d'imposture.

Et en cela nous nous trouvons en accord parfait avec les géologues allemands, qui rejettent dans le kimméridgien le calcaire à *Diceras* et à *Nérinées*, qui ne correspond nullement au coral-rag des Anglais (assises à *Cidaris Blumenbachii* et *Glypticus hieroglyphicus*, c'est-à-dire l'équivalent du terrain à chailles), mais bien au corallien de Tonnerre, de l'Aube et de la Charente-Inférieure, ce corallien, que M. Lyell reconnaît comme établissant le passage, sur le continent, du coral-rag de l'Angleterre au groupe kimméridgien.

M. Waagen (1), le disciple d'Oppel, et qui certainement s'est inspiré des leçons du maître, termine son oxfordien supérieur par la zone à *Ammonites tenuilobatus*, qui correspond à la partie supérieure du Jura blanc γ (gamma) de M. Quenstedt. Cet oxfordien supérieur est l'équivalent de l'argovien des géologues jurassiens et comprend les couches de Baden. Il n'y a qu'à parcourir la liste des principaux fossiles qu'il contient, pour s'assurer qu'il ne renferme aucune espèce kimméridgienne; en effet, parmi les Échinodermes, nous ne retrouvons que des types argoviens ou du terrain à chailles, tels que l'*Holactypus Mandelslohi*, le *Rabdocidaris nobilis*, les *Cidaris propinqua* et *coronata*, le *Collyrites capistrata*, et parmi les Ammonites, les *A. falcula*, *polyplocus*, *altenensis*, *Achilles*, espèces spéciales, les deux dernières surtout, au corallien inférieur (terrain à chailles).

L'argovien donc, qu'il revête le caractère marneux à Scyphies ou le caractère corallien du terrain à chailles, avec *Hemicidaris crenularis* et *Glypticus hieroglyphicus*, est évidemment inférieur au corallien de la Rochelle et de Tonnerre à *Acrocidaris nobilis*, à celui de Nattheim et à ceux de l'Aube et de Valfin dans le

(2) Waggen. *Der Jura*.

Jura; ajoutons, à ceux du mont Salève, du vallon de la Cloche et des Cévennes, que ces derniers soient contemporains ou non du corallien de Tonnerre.

La zone à *Ammonites tenuilobatus* de M. Waagen, et la division γ du Jura blanc de M. Quenstedt, qui comprennent l'argovien, sont par conséquent inférieures au kimméridgien proprement dit, car ce n'est que dans la division ζ (zêta), c'est-à-dire au sommet de la série jurassique, que l'on voit figurer le kimméridgien à *Ostrea virgula* et *Ammonites longispinus*. Les nombreuses coupes sur lesquelles s'appuie M. Waagen, et qui sont empruntées à diverses contrées classiques de l'Europe, aboutissent toutes à des résultats identiques.

M. Waagen, qui ne fait commencer le kimméridgien qu'au-dessus de la zone à *Ammonites tenuilobatus*, y reconnaît trois zones :

1° La zone à *Diceras arietina*;

2° La zone à *Astarte supracorallina*;

3° La zone à *Pterocera Oceani*.

Dans la première, il place le corallien de Nattheim, les couches à Nérinées et à *Diceras arietina*, les calcaires à *Diceras* d'Oberstotzingen (Wurtemberg), dans lesquels M. Fraas a découvert le *Diceras Lucii*. Il y place également les schistes lithographiques de Solenhofen à *Acrocidaris nobilis*, qui, s'ils sont parallèles à ceux de Cirin dans l'Ain, sont certainement inférieurs aux assises à *Ostrea virgula*, et viennent s'aligner au niveau des coralliens de Tonnerre et de la Rochelle.

La zone à *Astarte supracorallina* est l'astartien des géologues jurassiens, et la zone à *Pterocera Oceani* correspond au kimméridgien avec *Ostrea virgula*, qui est, comme on le sait, la patrie des *Ammonites Lallerianus*, *longispina* et *Gravesanus*, espèces qui ont été recueillies également dans les Alpes provençales, au-dessus des bancs à *Ammonites Achilles* et à *Rhynchonella Astieriana*.

Or, à Sumène, au pied des Cévennes, les calcaires lithographiques qui constituent l'oxfordien supérieur contiennent les *Ammonites flexuosus*, *Holbeini*, *acanthicus*, *polyplocus*, *Holectypus Mandelslohi*, c'est-à-dire les représentants les plus autorisés de la zone à *Ammonites tenuilobatus*, ou soit du Jura blanc γ de M. Quenstedt, ou soit de l'argovien. Il ne reste plus qu'à examiner si les calcaires blancs à *Diceras*, qui ont pour piédestal les dolomies supra-oxfordiennes, ne correspondraient pas aux coralliens de Nattheim, de Tonnerre et d'Angoulins. Leur po-

sition est identique; les fossiles qu'ils renferment, tels que *Diceras Lucii*, *Cardium corallinum*, *Acropeltis æquituberculata*, *Nerinea bruntrutana*, etc., sont identiques également. Il nous semble dès lors qu'il ne doit subsister aucun doute sur la contemporanéité de tous ces coralliens, dans lesquels les calcaires à *Diceras* du vallon de la Cloche occupent un rang qu'on ne saurait leur contester sans injustice aujourd'hui.

Je ne comprends guère les motifs qui ont engagé quelques géologues à placer les couches de Baden dans l'étage kimméridgien, puisqu'elles sont recouvertes par les bancs à *Hemipedita nattheimensis*, *Rhynchonella inconstans*, fossiles qui dénoncent si nettement le séquanien.

Au-dessus des bancs à *Hemipedita nattheimensis*, c'est-à-dire, au-dessus du niveau du corallien de Tonnerre, se développent en Suisse les assises à *Ammonites Eudoxus* et *mutabilis*, c'est-à-dire le kimméridgien supérieur.

Si, pour affirmer l'existence du kimméridgien dans le midi de la France, il ne fallait que le témoignage de la faune à *Ammonites tenuilobatus*, la cause serait bien vite gagnée, car nous la possédons réellement; mais, nous le répétons, nous ne saurions y voir que de l'argovien, ou le terrain à chailles avec *Ammonites Achilles*.

Si les dolomies représentent, comme nous le pensons, le corallien inférieur, et si la position et le nom des fossiles ont pour le midi la même signification que pour le nord de la France, nous aimons à croire qu'on ne refusera pas l'estampille séquanienne à nos calcaires blancs à *Diceras*, à *Cardium corallinum*, à *Acropeltis æquituberculata*, et alors le but que nous avons en vue sera non-seulement atteint, mais dépassé par la découverte inattendue des *Ammonites Lallitrianus* et *Gravesanus* dans les calcaires compactes d'Escragnolles. Nous sommes loin de nous en plaindre.

La seule lacune que nous ayons à regretter, mais qui ne tardera pas à être comblée, consiste en ce qu'on n'a pas pu jusqu'ici établir la place précise qu'occupent les derniers fossiles dans les calcaires virguliens et portlandiens, à cause de l'homogénéité de la roche. Mais, si le tableau du jurassique est complet, faudra-t-il rejeter la toile, parce que le cadre ne sera pas doré?

2^e M. Hébert a toujours considéré les calcaires lithographiques de la chaîne des Dourbes, entre Barrême et Digne, comme ne représentant rien de supérieur à l'oxfordien.

J'ai dit (p. 123) que M. Hébert me paraissait avoir dépassé le but en prenant le tout pour la partie, et considérant comme exclusivement oxfordienne d'abord, et comme exclusivement néocomienne plus tard, la masse entière des calcaires des environs de Grenoble et de la chaîne des Dourbes. « Lorsque (je parle Dourbes), ai-je ajouté immédiatement, il n'y aurait qu'une faible portion, à peine quelques couches supérieures, qu'on serait en droit peut-être d'attribuer à la formation crétacée, et, dans tous les cas, jamais à l'oxfordien. » M. Hébert réclame contre cette phrase. Relativement à la Porte-de-France, je lui donne acte très-volontiers de sa réclamation; mais je maintiens mon affirmation tout entière pour les crêtes de Chaudon qu'il a constamment faites oxfordiennes. Je n'aurais certainement point fait mention de Grenoble, si j'avais pu avoir connaissance de sa réponse à M. Chaper; mais il convient de rappeler à ce sujet que cette réponse n'est parvenue en province que bien après l'envoi de ma notice à Paris et qui remonte au 10 juillet 1868. Il n'y a qu'à ouvrir le *Bulletin*, (t. XIX, p. 114), pour s'assurer que dans la coupe donnée par M. Hébert de Norante à Saint-Jacques les crêtes de Chaudon figurent comme oxfordien supérieur à *Ammonites plicatilis*, tandis que cet oxfordien est réellement à la base de l'escarpement, c'est-à-dire, à plus de cent mètres plus bas. Mon assertion n'est donc ni gratuite ni erronée pour les Basse-Alpes, et c'est bien cette contrée que j'ai eu exclusivement en vue, et nullement les environs de Grenoble, qui ne se trouvent mentionnés qu'incidemment, et sur lesquels j'ai même déclaré ne pas vouloir me prononcer, parce qu'ils ne m'étaient point suffisamment connus.

M. Hébert reconnaît aujourd'hui à Rougon, à deux pas de Chaudon et dans le même système de montagnes, l'équivalent du corallien de l'Échaillon et du mont Salève, donc du séquanien si j'ai bien jugé, ou du postportlandien si les calcaires à *Diceras* de cette commune appartiennent à l'étage tithonique de M. Zittel. Voilà donc son oxfordien supérieur décapité et amoindri par lui-même à Rougon comme à Chaudon, au profit d'un étage nouveau, et cela au vu d'un seul fossile, la *Terebratula Repelinia*, et sans qu'il ait été obligé de se déplacer et d'examiner le lieu de provenance. La paléontologie est donc réhabilitée. Mais si, au lieu de ce fossile, on eût annoncé la découverte du *Diceras* du vallon de la Cloche qui existe également à Rougon, on en aurait pu faire de la craie, du calcaire à *Caprotina*. Mais par ce fait seul que, depuis, la *Terebratula*

Repeliniana et le *Diceras Lucii* ont été rencontrés au vallon de la Cloche, il résulte nécessairement que M. Hébert est forcé de rétracter sa première opinion, s'il maintient son appréciation sur le klippenkalk de Rougon, ou de faire Rougon urgonien, s'il ne change pas de sentiment sur celui des environs de Marseille. Voilà donc deux résultats contradictoires obtenus au nom de la paléontologie pour deux assises contemporaines, occupant la même position et contenant les mêmes fossiles. La stratigraphie n'aurait jamais conduit à une contradiction de cette nature.

3° Je n'ai plus, pour épuiser les questions scientifiques soulevées par M. Hébert, qu'à ajouter quelques mots sur la découverte de deux Échinodermes faite dans les calcaires lithographiques de Chaudon. Le premier est un *Hemicidaris* que j'avais rapporté à l'*H. Purbeckensis* et que M. Cotteau considère comme nouveau. Je croyais à l'exactitude de ma détermination qui avait été contrôlée par une autorité échinodermique, d'après les descriptions et les planches de M. de Loriol; mais dès l'instant qu'elle peut être erronée, comme j'ai complètement partagé l'opinion de la personne consultée, il est clair que je deviens seul responsable de l'erreur. J'avais cru remarquer également que la plaque dans laquelle sont engagés les *Hemicidaris* contenait des *Ostrea virgula* empilées en lumachelle. C'est une vérification que je ne peux faire en ce moment, la plaque se trouvant entre les mains de M. Cotteau.

La seconde espèce est un *Cidaris* que j'ai rapporté au *C. florigemma* ou *coronata*, auquel elle ressemble beaucoup. J'avoue que j'éprouve des difficultés insurmontables pour m'orienter au milieu des innombrables espèces de *Cidaris* et d'*Hemicidaris* qu'on crée chaque jour, et qui souvent ne se distinguent les unes des autres que par des caractères très-difficiles à saisir, qui ne sont pas même constants sur un même individu et obligent souvent les auteurs les plus accrédités à se mettre eux-mêmes en synonymie dans des publications qui se suivent à quelques mois d'intervalle. Je n'ai donc aucun motif pour ne pas admettre que mon *Cidaris* ne soit pas le *C. alpina*, comme l'a décidé M. Cotteau. J'aurais mauvaise grâce à contester une si haute compétence. Cependant personne n'est infailible. On avait cru d'abord le *C. alpina* barrémien; plus tard M. Pictet le décrivait de Berrias comme valenginien. Eh bien! l'exemplaire des environs de Chaudon est certainement jurassique et oxfordien au besoin, du niveau du terrain à chailles, car il a

été trouvé entre les bancs à *Ammonites flexuosus* et les bancs à larges *Aptychus*. Ainsi il y a loin de la station qu'il occupait à celle qu'occupe le valenginien au col de Chaudon ou à Berrias, ou le barrémien à Barrême. Le motif qui m'a porté à le considérer comme corallien, c'est que sa place était celle du corallien ailleurs, et que, suivant M. Hébert, le *Cidaris florigemma* a été également recueilli dans la localité voisine d'Escragnolles.

Voilà de nouveau la stratigraphie en désaccord avec les paléontologues; mais, dans le cas présent, je ne crains pas de déclarer que ceux-ci sont certainement en défaut, à moins qu'ils ne démontrent que le *Cidaris alpina* ne soit en même temps barrémien, valenginien et du jurassique moyen dans le midi de la France. Ce serait alors une autre question.

Je possède du terrain à chailles de Besançon une série de *Cidaris Blumenbachii*, tous recueillis dans les mêmes bancs, et dont un est armé de ses radioles. Ces *Cidaris* reproduisent les types des *C. Blumenbachii*, *Parandieri* et *florigemma*, bien qu'en réalité ils n'appartiennent qu'à une espèce unique. Mais ce qu'ils offrent de curieux, c'est que les uns possèdent dans les aires ambulacraires quatre rangées de granules, et d'autres deux seulement; chez un même individu, celui qui a conservé ses radioles, le nombre des rangées est indifféremment de deux ou de quatre. L'ornementation des tubercules n'est pas moins variable. Chez les uns, les tubercules sont crénelés à la base, et chez les autres, non crénelés; enfin, sur un exemplaire, les tubercules sont crénelés ou non crénelés indifféremment. Or, quand on réfléchit qu'on a pris souvent la présence ou l'absence des crénelures comme base de différences génériques, je me demande où on aurait pu en arriver pour le *Cidaris Blumenbachii*, si on s'en était tenu rigoureusement à ces caractères: à créer trois genres pour une même espèce. Les figures et la description données du *Cidaris alpina* reproduisent avec tant de vérité les caractères et la physionomie de certains individus du *Cidaris Blumenbachii* du terrain à chailles de Besançon, que M. Gauthier et moi, qui avons procédé à cette comparaison avec la plus scrupuleuse attention, nous n'avons pu saisir, ni dans les figures ni dans le texte, aucun détail qui ne s'appliquât servilement à notre exemplaire du Doubs.

Je ferai les mêmes remarques pour le *Collyrites transversus*, que d'Orbigny fait jurassique moyen à Escragnolles, et qui devient successivement le *Metaporhinus Berriasensis*, valenginien à Berrias, le *M. Munsteri*, Cotteau, pour le calcaire de la

Porte-de-France, et enfin une espèce néocomienne sous le nom de *M. transversus*. Il résulte des comparaisons faites par M. Cotteau, que le type d'Escragnolles offre plusieurs différences avec le type de Berrias, et on n'a détrôné le *Collyrites transversus* d'Escragnolles de sa position jurassique qu'à cause de ses affinités avec les types de Berrias, sans se préoccuper si les exemplaires sur lesquels d'Orbigny a établi son espèce provenaient réellement d'un terrain différent de celui que lui assigne l'auteur de la Paléontologie française. Je suis bien éloigné de faire ici de la critique. La fluctuation des opinions tient sans doute à la difficulté du sujet; mais quand il s'agit de se prononcer sur la fixation d'un horizon géologique d'après des études de cabinet et sans étudier les lieux, et que pour cela on a recours, non point à l'autorité d'une faune complète, cas où les erreurs peuvent se corriger les unes par les autres, mais à l'autorité d'un seul fossile, il me semble qu'on n'a le droit de conclure qu'à la condition de s'appuyer sur une identité complète, et ce moyen offre encore beaucoup de dangers.

Quant à l'*Hemicidarid Purbeckensis*, je croyais et je crois encore qu'il se rapporte à un des types donnés par M. de Lorient, auxquels je l'avais comparé, et dont il pouvait constituer au plus une variété; j'étais d'autant plus raffermi dans cette opinion que je voyais M. Cotteau assimiler, malgré la différence d'étages, son *H. Purbeckensis* virgulien de l'Yonne avec l'*H. Purbeckensis* du Purbeck de l'Angleterre, bien que le type français différât de celui-ci par dix tubercules sur les aires interambulacraires au lieu de huit, par des verrues qu'on ne voit pas sur l'autre, et par un développement plus large des tubercules qui garnissent, vers le pourtour de la coque, la base des aires ambulacraires. On crée souvent des espèces distinctes sur des différences moins nombreuses et moins grandes, et je n'en veux pour preuve que l'*H. Robinaldina* érigé en espèce indépendante, tant qu'on pouvait le supposer néocomien, et ramené à l'*H. Purbeckensis* quand son gisement a été reconnu virgulien. Ce n'est point avec des épées de cette trempe qu'on peut espérer trancher le nœud gordien des difficultés stratigraphiques.

L'étude des variations que peut présenter une espèce de coquille a un grand intérêt zoologique incontestablement et peut rentrer dans ce qu'on a appelé les *delectationes* ou les *aménités* malacologiques; mais, quand on tient solidement un horizon géologique nettement déterminé dans la série sédimen-

taire, après plusieurs années de recherches opiniâtres, et qu'on le voit déplacé arbitrairement par des préférences accordées à des caractères variables et incertains d'une coquille, ce procédé ne saurait être du goût du géologue militant. Et pour prouver la supériorité de la méthode stratigraphique sur la méthode paléontologique, je citerai le corallien d'Angoulins, arraché par moi au corallien véritable et transporté dans le kimméridgien, de par la stratigraphie, et plus tard celui de Tonnerre, déplacé par M. Cotteau de la même manière et par les mêmes procédés; et on ne dira pas que M. Cotteau péchait par ignorance paléontologique quand, avant cette disjonction, il maintenait dans le même étage le corallien de Châtelcensoir et celui de Tonnerre.

Ces divergences d'opinions et de méthode entre des observateurs de bonne foi, qui tendent tous vers un même but, montrent les difficultés qui enveloppent encore l'histoire du klippenkalk. Toutefois il me semble que, dans le cas actuel, les questions de stratigraphie qui sont assez simples, à mes yeux du moins, ont été singulièrement obscurcies par l'intervention de certains paléontologues, qui se sont montrés trop pressés. Le désaccord tient à trois causes : la première, à la prétention qu'on a eue de ne pas tenir un compte suffisant de la stratigraphie, la deuxième, à la difficulté de se procurer des exemplaires en quantité suffisante et d'assez bonne conservation pour être certain de ne pas errer sur les espèces, et la troisième, aux embarras inévitables qu'éprouve tout paléontologue, quelque habile qu'il soit d'ailleurs, pour être fixé d'une manière précise sur la valeur des espèces, dont il ne connaît ni le terrain ni l'étage qu'elles occupent dans la série. On est alors exposé, malgré soi, à tomber dans des à peu près et à demander la solution des difficultés plutôt à des arrangements hypothétiques qu'à l'inexorable logique des faits.

4^e M. Hébert se plaint de ce que, dans les questions qui nous divisent, je lui ai attribué la responsabilité des opinions antérieures aux siennes. Il m'a toujours semblé qu'il en était des affaires scientifiques comme des affaires commerciales, c'est-à-dire que l'adoption d'une opinion, lorsqu'on avait eu la faculté de la contester sur le terrain et qu'on l'avait rendue sienne en se l'appropriant, et lorsque, par conséquent, on avait eu la liberté de donner ou de refuser sa signature, après vérification, que cette adoption avait la force d'un endossement de billet à ordre, et qu'elle entraînait de droit la solidarité du tireur et

de l'endosseur. Je n'en ai jamais usé autrement toutes les fois que j'ai utilisé à mon profit les opinions vraies ou erronées de mes confrères. J'ai constamment laissé aux inventeurs l'honneur de leurs inventions utiles, et j'ai retenu les erreurs pour mon propre compte, erreurs que j'avais la faculté de relever si je m'en étais aperçu, car j'arrivais après eux. Il ne me serait jamais entré dans la pensée de m'abriter derrière ceux dont j'étais devenu volontairement le complice. Pour les points que je n'ai pas eu l'occasion d'étudier moi-même, je me suis borné à citer leurs écrits ou j'ai réclamé des notes rédigées par eux, autant pour leur laisser le mérite de leurs découvertes que la responsabilité d'une opinion qu'il ne m'était pas possible de contrôler personnellement.

Il me semble que lorsqu'on dit, comme le fait M. Hébert (*Bull.*, t. xix, p. 114) : « à Solliès-Pont, l'infralias et le lias inférieur manquent complètement, » et qu'en note on ajoute : « je partage sur ce point l'opinion de M. Jaubert, » on est bien en droit de prendre directement à partie M. Hébert, quand, sur ce même point, on découvre l'*Avicula contorta*, comme j'avais pris à partie M. Jaubert lui-même, quand je découvrais, près Saint-Nazaire, la même *Avicula contorta*, dont l'existence avait échappé à cet habile observateur. J'ai donc lieu d'être surpris d'entendre dire (p. 132), que ce n'est qu'à partir du lias supérieur qu'on a donné des détails qui étaient personnels, et pour le reste s'en être rapporté à un autre observateur. Pour les Alpes provençales et dauphinoises, on s'appuie sur les opinions de d'Orbigny et de M. Lory, ou bien on les attaque ; pour le Gard, le Var et les Bouches-du-Rhône, ce sont celles de MM. Jaubert, Dumas et Dieulafait qu'on adopte ; pour la détermination des Caprotines on a recours à M. Munier-Chalmas, pour celle des oursins à M. Cotteau, autorités assurément fort respectables et très-compétentes ; mais la science n'entre pour rien dans ces convenances personnelles, car M. Hébert ne peut pas dire qu'il ne connaît ces diverses régions géologiques que par des relations écrites, puisqu'il les a parcourues à diverses reprises. En tout cas, comme c'est en son nom qu'il m'a toujours attaqué, c'est à lui que j'ai dû répondre. Cela allait de soi.

Quant aux preuves plus irrécusables que celles que j'ai annoncées et qu'il réclame de moi pour prouver que la Provence possède le jurassique supérieur, j'ai donné toutes celles que j'avais entre les mains. Si j'ai le bonheur d'en trouver

d'autres, je m'empresserai de les communiquer à la Société. J'ai fait de mon mieux; cependant je ne promets pas de miracles. Puisque nous tendons franchement vers un but commun, la géologie, je fais volontiers appel à ses lumières et à ses conseils pour suppléer à tout ce qui manque, non point à ma bonne volonté, mais à l'intelligence de mes efforts.

Et, afin de résumer nettement mon opinion, je dirai en terminant :

1° Les calcaires blancs à *Diceras* et à *Terebratula repeliniana* des environs de Marseille, des Basses-Alpes, du Gard et de l'Hérault, sont considérés par moi comme une dépendance du kimméridgien, et contemporains des calcaires coralliens de Creys, de l'Échaillon, du Mont-Salève, de Tonnerre et d'Angoulins.

2° Les calcaires ammonitifères de Berrias et de Ganges sont une dépendance des assises valenginiennes à *Natica Leviathan*, dont elles constituent la base.

3° La position différente, comme la différence des faunes, ne permet pas de réunir dans un étage commun les assises valenginiennes de la Provence et des Cévennes et les calcaires blancs, qui non-seulement appartiennent à deux étages différents, mais encore à deux formations différentes.

4° L'analogie des faunes permet de reconnaître une portion du klippenkalk de l'Allemagne, l'existence du corallien de Tonnerre et d'Angoulins, et par conséquent du calcaire à *Diceras* du midi de la France et du Salève.

Ces conclusions dérivent, comme on le voit, de mes études personnelles dans le midi de la France, et elles s'appuient sur les données stratigraphiques et paléontologiques. De quelle manière s'établiront les concordances par rapport aux autres contrées de l'Europe ou de l'Algérie? C'est une question d'un autre ordre et dont il convient de laisser la solution à des observations ultérieures. Toutefois, à cause de l'importance du sujet et de la célébrité justement méritée qui s'est attachée aux calcaires de Stramberg, je me suis adressé au géologue le plus compétent, M. Zittel, qui a bien voulu me transmettre les renseignements que je transcris textuellement ici.

« La localité de Stramberg ne nous donne aucune information sur la position stratigraphique du calcaire corallien. Il n'y a que les fossiles qui peuvent nous éclairer sur l'âge de cette faune transitoire. L'étude des céphalopodes ne m'enlève aucun doute sur le synchronisme du calcaire de la Porte-de-France à

Terebratula janitor et de celui de Stramberg. La faune de Berrias est franchement valenginienne et n'appartient certainement pas au même horizon géologique.

» En dehors des céphalopodes, on trouve à Stramberg une foule de gastéropodes, acéphales, brachiopodes, coraux, etc., d'une apparence jurassique, mais qui se distinguent pourtant spécifiquement des formes du corallien supérieur. Ainsi, il y a beaucoup de *Dicérates*, mais jamais la *D. arietina* ou *speciosa*, etc.

» A Stramberg, il n'y a pas la possibilité de distinguer plusieurs horizons. C'est une masse compacte de calcaire très-peu stratifié et même M. Hébert, qui y est allé avec l'intention de trouver des horizons différents, a fini par regarder la montagne de Stramberg comme un amas de blocs, soudés intimement par du carbonate de chaux.

» Le klippenkalk, au contraire, est très-bien stratifié et repose immédiatement sur la zone à *Ammonites tenuilobatus*. M. Gemmellaro m'a démontré dernièrement que le calcaire corallien de Palermo n'est pas identique avec celui de Stramberg, mais qu'il contient tout à fait les céphalopodes du klippenkalk. Il est bien probable que le Mont-Salève, Wimmis et quelques autres localités *alpines* appartiennent au même niveau inférieur, car il existe des différences incontestables dans les caractères paléontologiques de ces faunes et de celle de Stramberg. Je doute beaucoup de l'identité du corallien du Mont-Salève avec celui de Creys, mais je puis affirmer positivement que le corallien de Wimmis est le même que celui du Mont-Salève, et que le premier repose sur des couches noires qui contiennent le *Pterocera Oceani* et beaucoup d'autres espèces kimméridgiennes.

» Je suis donc disposé à croire le corallien de Wimmis, du Mont-Salève et le klippenkalk moins ancien que le kimméridgien; et, dans les Alpes, ces dépôts sont postérieurs à toutes les couches sûrement jurassiques. Puis, jamais on n'a trouvé au-dessus du klippenkalk une faune néo-jurassique, mais toujours, ou bien la faune de Stramberg (à Paloeza), ou le plus souvent le néocomien.

» Pour moi, l'étage tithonique se compose de deux niveaux, dont le supérieur (Stramberg) a plus de rapports avec le néocomien, tandis que l'inférieur a plutôt une apparence jurassique. Ces deux horizons sont pourtant réunis par un grand nombre d'espèces communes. »

La note de M. Zittel ne laisse rien à désirer sous le rapport de la clarté et sous celui de la position stratigraphique des masses calcaires de Stramberg; elle nous apprend que celles-ci se composent, au dessus de l'argovien à *Ammonites tenuilobatus*, de deux niveaux, l'inférieur, le klippenkalk, correspondant au corallien de Wimmis, et vraisemblablement à celui du Mont-Salève, et le supérieur, le calcaire non-stratifié de Stramberg, que M. Zittel assimile au calcaire à *Terebratula janitor* des environs de Grenoble.

De ce que, dans les Alpes, le représentant du Mont-Salève n'est pas recouvert par le calcaire à *Gryphæa virgula*, ou par aucune assise néo-jurassique, et de ce que, à Wimmis, des assises à facies corallien se montrent supérieures à des assises à *Pterocera Oceani*, ce double fait n'implique nullement que le klippenkalk soit le dernier terme de la formation jurassique et soit postérieur au portlandien; sa position semble lui assigner au contraire le numéro d'ordre du calcaire à Astartes. Le calcaire non stratifié de Stramberg n'entre pour rien dans ces considérations; dans tous les cas il est un peu plus élevé dans la série et peut correspondre aux bancs à *Cidaris glandifera* de Cazillac.

Il existe en France une région fort bien étudiée par M. Contejean (1) et dans laquelle l'étage kimméridgien, qui est un dans son ensemble, se laisse diviser en dix sous-groupes, à cause de certaines différences minéralogiques et du cantonnement de certaines espèces. Plusieurs fossiles débudent à l'astartien et traversent la série entière, c'est-à-dire, se trouvent à divers niveaux, sur une hauteur de 238 mètres, entre autres la *Pholadomya acuticosta*, *Trigonia truncata*, *Mytilus plicatus*, *Pinnigera Saussurei*, *Ostrea solitaria*, *O. Bruntrutana*, *O. virgula*, *Rhynchonella inconstans*, *Terebratula carinata*, *Nerinea Bruntrutana*. Le *Pterocera Oceani* est inférieur aux bancs corallifères à *Diceras suprajurensis*, Thurm. Ces récurrences de fossiles tiennent simplement à une question de composition minéralogique.

Ainsi, à la base du calcaire à Astartes, par lequel il fait commencer l'étage kimméridgien, M. Contejean cite la *Nerinea Bruntrutana*, la *Diceras arietina*, le *Cardium corallinum*, c'est-à-dire la faune du corallien de Tonnerre. Le *Cardium corallinum*

(1) Contejean. *Monographie de l'étage kimméridgien*. Montbéliard, 1859.

reparaît avec la *Nerinea Bruntutana*, dans son cinquième sous-groupe, qu'à cause de l'abondance de cet acéphale il nomme calcaire à *Cardium* et qui possède un facies corallien, ce qui, entre les deux stations, établit une différence de 80 mètres; enfin les deux espèces, escortées de l'*Ostrea virgula*, se montrent encore dans le dixième sous-groupe, le calcaire à *Diceras supra-jurensis*, ainsi que dans le septième (calcaire à *Corbis*); voilà donc des coquilles qui ont débuté dans le corallien de Tonnerre, et qui se retrouvent à 238 mètres au dessus du banc dans lequel on les a rencontrées pour la première fois.

On voit donc se reproduire pour l'étage kimméridgien ce qui a été observé pour l'étage urgo-aptien, c'est-à-dire des récurrences, ou pour mieux dire, des alternances de coquilles coralliennes, quand le facies de la roche est corallien, avec des coquilles à stations vaseuses, quand le facies de la roche est argileux, sans qu'on soit autorisé, pour cela, à établir autant d'étages distincts que se manifestent de fois ces alternances. En effet, si on admettait par exemple, pour l'arrondissement de Montbéliard, que le calcaire à *Diceras*, par lequel se termine l'étage kimméridgien dans ce point du Jura, était le dépôt le plus élevé de la formation jurassique, on serait dans l'erreur, puisque dans les régions voisines de Russey, de Morteau et de Salins, ce calcaire est recouvert par les assises portlandiennes à *Nerinea trinodosa*, *salinensis*, *subcylindrica*, *Rhynchonella inconstans* et *Ostrea virgula*.

Il s'agirait de savoir et de prouver si le calcaire corallifère de Wimmis ou celui du Mont-Salève, comme le corallien de Tonnerre ou des environs de Marseille, ne rentreraient pas dans dans la classe des diverses assises corallifères avec *Nérinées* et *Cardium corallinum* que M. Contejean a constatées dans le département du Doubs, car la superposition de ceux-ci à certains bancs à *Pterocera Oceani* n'impliquerait en aucune façon qu'ils ne sont pas subordonnés eux-mêmes à l'étage kimméridgien.

En voyant le passage indiqué qui lie l'argovien aux dolomies supra-oxfordiennes, d'un côté, et de l'autre le passage ménagé qui existe entre ces mêmes dolomies et les calcaires blancs à *Nerinea Bruntrutana*, *Cardium corallinum*, *Terebratula equestris*, en interrogeant le sens du langage que parlent ces fossiles, et en remarquant en outre la discordance qui existe entre les calcaires blancs et les premières assises valenginien-nes, je ne peux pas reconnaître aux calcaires corallifères des environs de Marseille et de l'Hérault une origine kimméridgienne.

Quelque soit le sort réservé à ces derniers, il est évident qu'ils ne peuvent être en aucune façon soudés à l'étage valenginien avec Ammonites berriasiennes, et que, dans tous les cas, l'opinion, qui ne voulait rien voir de supérieur à l'oxfordien dans le midi de la France, n'est plus soutenable aujourd'hui. Assimiler le Stramberg au calcaire de Grenoble à *Terebratula janitor* me paraît chose fort rationnelle; la brèche d'Aizy serait un représentant très-amointri, atrophié, des assises coralliennes à *Cidaris glandifera* de Stramberg; mais pourquoi le calcaire à *Terebratula janitor* ne serait-il pas l'équivalent non corallifère du klippenkalk à *Cardium corallinum* du mont Salève, des calcaires blancs à *Diceras* des environs de Marseille et des départements du Gard et de l'Hérault? Si le calcaire corallien d'Escragnolles que surmontent les assises à *Rhynchonella Astieriana*, *Ammonites Achilles*, *Ammonites gigas* et *Gravesanus* est le même que le calcaire corallifère à *Terebratula Moravica* de Rougon, qui gît à côté de lui, il serait de toute évidence que l'étage tithonique ne serait pas postportlandien. Pour lui reconnaître cette position, il sera donc nécessaire de démontrer qu'il a été rencontré, sur quelque point, au dessus du portlandien proprement dit ou des couches de Purbeck. C'est à cette condition seule qu'on sera en droit d'allonger la série jurassique d'un étage nouveau. La position du corallien de Wimmis au-dessus de bancs à *Pterocera Oceani* ne suffit nullement pour autoriser cette supposition et pour introduire un dogme nouveau en géologie.

M. Hébert, au sujet de la note précédente, fait observer que les nombreuses critiques à son adresse, contenues dans le travail précédent, se trouvent à peu près intégralement dans une note du même auteur présentée à la Société le 3 mai dernier. Probablement, M. Coquand a oublié ce détail, car M. Hébert ne voit rien de nouveau dans cette nouvelle série de discussions. Il répondra donc à la fois aux deux notes; mais il lui répugnerait de consacrer exclusivement à sa défense personnelle les pages du Bulletin, et il profitera de l'occasion pour établir d'une manière aussi nette que possible l'état de la science sur chacun des points en discussion; cela posé, il pense pouvoir aisément repousser tous les reproches dont l'accable son contradicteur.

Examen de quelques points de la géologie de la France méridionale.

I. Contact du terrain jurassique et du terrain crétacé dans les Cévennes. — II. Brèche d'Aizy. — III. Coupe de la Nerthe, près Marseille. — IV. Contact des terrains jurassique et crétacé à Chaudon. — V. Escragnolles. — VI. Le terrain jurassique supérieur du Var. — VII. Origine et marche de cette discussion sur la géologie provençale. — Conclusions; par M. Hébert.

I. — CALCAIRES A POLYPIERS DES CÉVENNES,
ZONE A TEREBRATULA MORAVICA.

MM. Coquand et Boutin ont donné (1) de nouveaux renseignements sur les calcaires coralliens de Ganges, signalés par M. Émilien Dumas, il y a plus de vingt ans (2), dans son grand mémoire sur la géologie du département du Gard.

M. Dumas, après avoir décrit les différentes assises oxfordiennes, parmi lesquelles on distingue l'assise moyenne à *Ammonites cordatus*, *perarmatus*, *tortisulcatus*, etc., l'assise supérieure composée de calcaires compactes en bancs réguliers bleus et minces, d'une puissance totale de 100 mètres, et qu'il caractérise très-nettement par les *Ammonites polyplocus* (3), Rein., *A. polygyratus*, Rein., et des *Aptychus*, arrive au système supérieur, dont les éléments sont :

1° Un calcaire compacte gris clair, dépourvu de fossiles, de 50 mètres d'épaisseur en moyenne, dont il suit l'horizon jusque dans les départements voisins.

2° Des calcaires magnésiens non stratifiés.

3° Un calcaire blanc, souvent crayeux, épais de 150 mètres, près Ganges, avec nombreux fossiles, parmi lesquels la *Diceras arietina*, et qu'il rapporte au *coral-rag* du nord. Ce calcaire est recouvert directement par le néocomien, et, dit M. Ém. Dumas, nous n'avons rencontré aucune assise qu'on puisse assimiler aux groupes kimmérien et portlandien.

(1) *Bull.*, t. XXVI, p. 834, 3 mai 1869.

(2) *Bull.*, 2^e série, t. III, p. 623.

(3) C'est l'étage argovien de M. Marcou, la zone à *Ammonites tenuilobatus* d'Oppel, où l'*A. polyplocus*, par ses caractères plus nets et plus faciles à reconnaître que ceux de l'*A. tenuilobatus*, est un excellent repère.

Le mémoire de MM. Coquand et Boutin donne peu de détails nouveaux sur les couches inférieures au calcaire blanc à Dicé-rates; ils remarquent cependant, ce qui est à noter, qu'il y a une séparation tranchée entre ce calcaire et la dolomie sous-jacente.

Ces savants produisent une longue liste des fossiles du calcaire blanc, d'après laquelle la faune de Ganges réunirait de la manière la plus intime les faunes de Tonnerre et du coral-rag du Jura, et celles du Salève, de l'Échaillon et de Stramberg.

M. Jeanjean, maire de Saint-Hippolyte-le-Fort, possède une très-belle suite de ces fossiles qu'il a bien voulu me communiquer, mais pour l'étude desquels il me manque des documents que je n'ai encore pu me procurer. Tout ce que je puis dire, c'est qu'il y a en effet un certain nombre de ces espèces qui semblent voisines de celles du niveau de Tonnerre ou de celui de Châtel-Gensoir; par exemple, de *Nerinea Mariæ*, d'Orb.; *N. speciosa*, Voltz; *N. umbilicata*, Voltz; *Corbis Dyonisii*, Buv., ou *C. subdecussata*, Buv.; *Cardium corallinum*, etc.; mais, en comparant des exemplaires bien conservés, on trouve des différences constantes et tranchées qui n'apparaissent pas sur les échantillons usés par le frottement, même légèrement.

Ce que je puis affirmer encore, c'est que la collection qui m'a été communiquée par M. Jeanjean ne renferme aucune des espèces suivantes, citées par M. Coquand: *Nerinea tuberculata*, Rœm.; *N. Bruntrutana*, Thurm.; *N. dilatata*, d'Orb.; *N. Mandelslohi*, Bronn; *N. Gosæ*, Rœm.; *N. suprajurensis*, Voltz; *Diceras arietina*, Lamk.; *D. suprajurensis*, Thurm. Je ne vois même rien qui puisse s'en rapprocher.

De même pour les brachiopodes. M. Jeanjean m'en a communiqué un assez grand nombre, et il ne s'y trouve ni *Terebratula subsella*, ni *T. humeralis*, ni *T. equestris*, ni *Rhynchonella Astieriana*, d'Orb.

Il y a bien deux espèces, *Terebratula Moravica* et *Diceras Lucii*, parfaitement authentiques, comme à l'Échaillon et au Salève, mais aucune des deux n'existe dans le Jura du nord. En un mot, tandis que M. Coquand donne, sans aucune hésitation, une liste de 24 espèces communes entre la faune des calcaires blancs de Ganges et celle du coral-rag du nord, moi, je n'ai encore pu en trouver une seule, et cependant je suis tellement frappé des ressemblances d'un certain groupe d'espèces, que cela suffit pour m'empêcher de me rallier encore à l'opinion de M. Zittel, qui considère la faune des calcaires à *Tere-*

bratula Moravica et à *Diceras Lucii*, à laquelle nous avons évidemment à faire ici, comme *Tithonique* et postportlandienne.

On voit donc que le mémoire de MM. Boutin et Coquand, sur les calcaires à polypiers de Ganges, qui, d'ailleurs, n'apporte que de nouvelles preuves à l'ancienne opinion établie sur les documents fournis par M. Émilien Dumas, ne suffit malheureusement pas encore pour prouver le synchronisme de ces couches avec le coral-rag supérieur du nord.

Mais ceux qui admettront avec M. Coquand, qu'il est dès aujourd'hui démontré que les calcaires de Ganges appartiennent au coral-rag du nord, devront aussi reconnaître que, conformément à l'opinion de M. Émilien Dumas, il n'existe dans les points étudiés par ce savant et par ses continuateurs, MM. Boutin et Coquand, rien qui puisse se rapporter ni à l'étage kimméridien, même le plus ancien (le calcaire à Astartes), ni au portlandien.

En effet, d'une part le coral-rag le plus élevé dans la série, on admet que c'est celui de Tonnerre, est recouvert, à Tonnerre même, par le calcaire à Astartes, à *Terebratula humeralis*, bien caractérisé, au-dessus duquel se développe la série des assises kimméridiennes, etc.; d'autre part, dans les coupes de MM. Coquand et Boutin, nous voyons le calcaire à *Terebratula Moravica* directement recouvert par les couches néocomiennes de Berrias. La lacune signalée par M. Émilien Dumas est donc confirmée par le nouveau travail de la manière la plus incontestable.

Voici, en effet, ce que dit M. Coquand (p. 91.) : « Ils (ces calcaires à *Diceras*, du midi de la France) sont recouverts par le valenginien. » Dans beaucoup de points (1), M. Coquand constate cette succession immédiate. Or, ces calcaires blancs, que M. Coquand appelle *kimméridgiens*, il les considère comme synchroniques, non pas du vrai *Kimmeridge-clay* à *Ostrea virgula*, mais du *Séquanien*, ou plutôt encore du coral-rag de Tonnerre, qui est inférieur au véritable Séquanien du Jura, car c'est surtout à ce niveau de Tonnerre qu'il emprunte les fossiles qui lui servent à fixer l'âge des calcaires de Ganges.

(1) Ainsi (p. 84), M. Coquand dit en parlant de l'absence des étages kimméridgien et portlandien dans les Cévennes, constatée par M. Dumas : « Ces observations concordent avec celles qui me sont personnelles dans les Bouches-du-Rhône. » Comment concilier cela avec l'énergie que met M. Coquand à voir partout ces deux étages dans le Midi?

Dans les localités dont M. Coquand a donné les coupes, et d'après la phrase citée plus haut dans les départements méridionaux, il manque donc :

- 1° Les calcaires à Astartes et à *Terebratula humeralis*.
- 2° Les marnes et calcaires à *Ostrea virgula*.
- 3° Les calcaires à *Ammonites gigas*.
- 4° Les calcaires à *Trigonia gibbosa*.

Ces quatre zones, représentées chacune par une faune très-riche, quelquefois par une épaisseur considérable de sédiments, et dont la plus récente est antérieure au calcaire de Purbeck, manquent donc dans le midi, si le calcaire à *Terebratula Moravica* correspond au coral-rag de Tonnerre.

Or, les quatre assises que je viens d'énumérer constituent ce que la plupart des géologues du nord ont appelé le *jurassique supérieur*.

Il est vrai que M. Coquand cite (p. 81) l'*Ammonites Lallierianus* comme ayant été recueilli par M. Boutin dans l'Hérault; mais, pour que ce fait pût être pris en considération, il faudrait connaître le gisement précis de ce fossile, et rien de semblable n'est fourni par M. Coquand; et, quand même on découvrirait du vrai *Kimmeridge* dans l'Hérault, cela n'empêcherait pas la lacune qui existe dans les localités étudiées jusqu'ici. A cette occasion, je ne puis m'empêcher de faire remarquer qu'en s'appuyant sur une note de M. Coquand (1), M. Pictet vient d'annoncer (2) que « dans la Provence, la faune à *Terebratula Moravica*, complètement dépourvue de céphalopodes, et identique probablement avec les calcaires coralliens du Salève et de Wirmis, est recouverte par des couches renfermant des *Ammonites kimméridgiennes* et *portlandiennes*. » Je n'ai rien vu de semblable dans le mémoire cité par M. Pictet et dans celui de MM. Boutin et Coquand; il est prouvé qu'il n'y a jusqu'ici aucune couche entre les calcaires à *Terebratula Moravica* et ceux qui renferment la faune de Berrias.

En comparant les calcaires blancs des Cévennes à ceux de l'Isère et de la Savoie, M. Coquand va, je le crois, au delà de la pensée des géologues sur lesquels il s'appuie. Il a raison de dire que la faune des calcaires blancs de Ganges est celle de l'Échaillon; mais il est tout à fait inexact d'affirmer comme le

(1) *Bull.*, 2^e série, t. XXVI, p. 100.

(2) *Archives des sciences de la Bibliothèque universelle de Genève*; novembre 1869, p. 13 de l'extrait.

fait M. Coquand (t. XXVI p. 861,), que les dalles lithographiques de Morestel à *Ostrea virgula* reposent sur le calcaire corallien de l'Échaillon. Dans la note de M. Lory, à laquelle renvoie M. Coquand, l'Échaillon n'est pas cité une seule fois; et les calcaires coralliens, sur lesquels les assises à *O. virgula* reposent, appartiennent au vrai coral-rag du Jura, et non pas au calcaire de l'Échaillon.

Si j'ai admis en 1866, lors de mes premières études sur les questions si controversées aujourd'hui, que les calcaires coralliens de l'Échaillon représentaient le coral-rag du Jura, ce qui était l'opinion générale, aujourd'hui il n'en est plus de même, et j'attends que l'âge de ces calcaires soit fixé d'une manière plus précise, ne m'opposant en aucune façon d'ailleurs à ce qu'ils puissent être de l'époque de notre coral-rag.

II. — BRÈCHE D'AIZY.

A l'Échaillon, comme dans les calcaires de Ganges, on n'a trouvé jusqu'ici aucune des espèces des calcaires à *Terebratula janitor* de la Porte-de-France. C'est un fait aujourd'hui bien constaté, de même qu'à Inwald on ne trouve aucun des céphalopodes de Stramberg, ni aucun des brachiopodes crétacés de ce dernier gisement.

La faune de la *Terebratula Moravica* est donc, comme je l'ai déjà dit, complètement indépendante de celle de la *T. janitor*, et, si ces deux faunes se trouvent mélangées à Aizy et à Stramberg, l'état de brèches suffit pour expliquer ce mélange que l'on n'a jamais jusqu'ici rencontré dans les assises régulières et non bréchiformes des deux séries de couches.

M. Coquand déclare (p. 88) nettement que la brèche d'Aizy correspond aux couches coralliennes de Tonnerre et de Nattheim qu'il appelle *kimméridgiennes*, et que, par suite, les calcaires à *Terebratula janitor* avec les *Ammonites Silesiacus* et *ptychoicus* que M. Coquand croit comme moi identiques avec les espèces néocomiennes (*A. Calypso* et *semisulcatus*), le sont également; ils sont donc infra-kimméridiens. Aussi combat-il énergiquement ceux qui les croient postérieurs au portlandien. Cette solution, au sujet de l'âge des calcaires à *T. janitor*, en se rapprochant des anciennes opinions, diffère passablement de celles qui sont mises en avant depuis quelque temps; toutefois,

il est juste de dire que M. Coquand finit par mettre quelque réserve dans ses conclusions (1).

M. Coquand attaque l'hypothèse provisoire que j'ai émise, à savoir que s'il y a dans les brèches d'Aizy et de Stramberg des fossiles véritablement jurassiques, ils peuvent y avoir été amenés par voie de remaniement, en disant que ces fossiles existent également à Cazillac, près Ganges, dans un calcaire qui n'est pas une brèche. Je ne me rends pas compte de la valeur de cet argument; je me suis donc assez mal expliqué pour que M. Coquand n'ait pas compris que c'est au calcaire de l'Échaillon, si celui-ci est jurassique, que les fossiles jurassiques des conglomérats néocomiens d'Aizy ont été empruntés, comme ce serait au calcaire d'Inwald ou de gisements de même nature et de même âge que seraient empruntés les fossiles jurassiques de Stramberg.

Rougon, Ganges, l'Échaillon, le Salève, Wimmis, Inwald, etc., sont des lambeaux d'une assise autrefois continue. Ils ont été, quel que soit leur âge, isolés les uns des autres par voie de dénudation. Qu'y a-t-il donc d'extraordinaire à supposer que cette dénudation ait continué pendant les premiers temps de la période néocomienne?

Quel rapport y a-t-il entre la formation de ces conglomérats et celle de l'assise qui en a fourni les éléments, pour que M. Coquand croie devoir conclure que cette dernière aurait dû aussi être une brèche? Est-ce que les calcaires à *Terebratula Moravica* et à *Cidaris glandifera*, dont je viens de citer les gisements, sont comme celui d'Aizy intercalés au milieu des couches à *Terebratula janitor*?

Quant aux remarques de M. Coquand (p. 80) sur les difficultés qu'amènerait l'adjonction au tithonique des calcaires à *Terebratula Moravica* et à *Diceras Lucii*, ces objections ne sauraient s'adresser à moi qui ai toujours très-soigneusement réservé l'âge de ces assises: Je n'ai jamais dit que ces calcaires fussent crétacés, comme la rédaction de M. Coquand semblerait le prouver.

Avant de quitter ce sujet de l'âge de ces couches à *Terebratula janitor* et de la possibilité de l'introduction, par voie de re-

(1) Dans sa note du 3 mai 1869, M. Coquand (t. XXVI, p. 871) exprimait d'autres opinions sur ce sujet; il admettait, comme moi, qu'à Stramberg les couches à céphalopodes, correspondant à la faune à *T. janitor* de la Porte-de-France, étaient néocomiennes.

manièrement de fossiles jurassiques dans la brèche d'Aizy, je dois faire remarquer que M. Lory a maintenant admis de la manière la plus complète mes conclusions et ma manière de voir. C'est, dit-il, la seule qui s'accorde avec ses études stratigraphiques (1).

Je regrette aussi que, dans son *Rapport fait à la session de 1869 de la Société helvétique des sciences naturelles sur l'état de la question relative aux limites de la période jurassique et de la période crétacée*, M. Pictet n'ait point fait mention de cette adhésion si complète et si flatteuse pour moi de M. Lory, et n'ait point relaté l'explication que nous proposons du mélange des fossiles jurassiques et crétacés dans la brèche d'Aizy, explication qui enlève toute difficulté sérieuse pour la solution générale de la question, au moins pour toutes les régions situées au nord de l'axe des Alpes et des Carpathes.

III. — CALCAIRE A POLYPIERS DE LA NERTHE.

Ce calcaire à polypiers de la Nerthe avait été, c'est M. Coquand qui le déclare (2), classé dans les calcaires urgoniens, lorsqu'il crut y découvrir les fossiles suivants: *Diceras arietina*, *Nerinea Defranci*, *Pinnigena Saussurii*, et que par suite il le transporta dans le coral-rag (sous-étage dicératien, *loc. cit.* p. 568). Il annonça en même temps qu'ils étaient recouverts par un calcaire compacte de 60 mètres d'épaisseur, équivalent de l'étage kimmérien, lequel supportait à son tour 100 mètres de dolomies qu'il considérait comme portlandiennes.

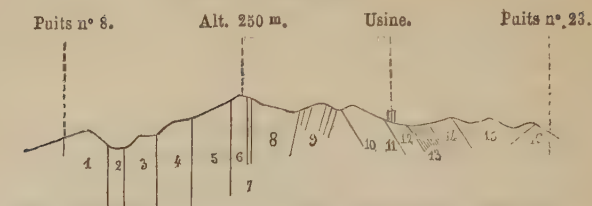
Comme la coupe de la Nerthe a été relevée en détail par M. Matheron qui a construit le souterrain, et que la Société géologique, dans sa Réunion extraordinaire de 1864, l'a étudiée avec soin, il sera utile pour se rendre compte des questions débattues, de reproduire ici une partie de la coupe relative aux couches en discussion, en y ajoutant quelques détails que M. Matheron n'a point précisés et que je prends dans mes notes.

(1) Therefore I am now entirely of the opinion of M. Hebert, or rather, I believe that the palæontological discussions raised on this subject, will require to be solved in accordance with his opinion, which appears the only one that would agree with my stratigraphical studies (*Geological Magazine*, vol. VI, June, 1869).

(2) *Bull.*, 2^e série, t. XX, p. 569.

Soc. géol., 2^e série, t. XXVII.

Coupe de la Nerthe.



La succession des couches est la suivante :

1. Calcaires urgoniens.
 2. Néocomien inférieur à *Nautilus pseudo-elegans* du vallon de la Cloche.
 3. Calcaire blanc à polypiers et nombreux débris de fossiles.
 4. Calcaire blanc cristallin.
 5. Dolomies stratifiées.
 6. Calcaire magnésien.
 7. Calcaire de l'Oxford-clay supérieur.
- Ici se montre une faille très-bien accusée par la paroi polie de la surface du n° 7.
8. Calcaire sableux avec *Pecten æquivalvis* et *Spirifer rostratus*.
 9. Argiles sableuses avec lits calcaires et nombreuses Bélemnites (lias supérieur).
 10. Argiles et calcaires bleus alternant ensemble avec *Belemnites semicanaliculatus* à la base (oolite inférieure).
 11. Couches semblables avec *Ammonites tripartitus*, *biflexuosus*, *arbustigerus*, d'Orb., et *aspidoides*, Oppel (1), (grande oolite).
 12. Calcaires schisteux exploités pour chaux hydraulique, avec *Ammonites macrocephalus*, *A. Bakeriæ*, *A. lunula*, *A. anceps*, *A. coronatus*, *A. bullatus* (oxfordien inférieur ou kellovien). Ces couches sont, dans les carrières mêmes de l'usine, en contact avec la partie supérieure de la grande oolite. Les roches se ressemblent, mais les gisements des deux faunes sont distincts.
 13. Marnes schisteuses oxfordiennes à *Belemnites hastatus*.
 14. Calcaires compacts oxfordiens à *Ammonites plicatilis* et *Belemnites hastatus*, correspondant au n° 7.
 15. Dolomies.
 16. Calcaire oxfordien (n° 14).

(1) Ces fossiles appartiennent à la collection de M. Matheron.

Voilà ce qui résulte à la fois des études de M. Matheron et de celles que nous avons faites en 1864 avec la Société.

Dans cette coupe, la position géologique de toutes les assises est rigoureusement déterminée, à l'exception des dolomies et calcaires cristallins, n^{os} 3, 4, 5, 6 et 15.

M. Coquand a décrit une partie de cette coupe dans son travail cité plus haut (1^{er} juin 1863, *loc. cit.*, p. 568).

Pour lui comme pour nous, le n^o 1 est urgonien, mais le néocomien n^o 2 du vallon de la Cloche lui échappe; il n'en parle pas, et il dit qu'au vallon de la Cloche le calcaire à *Chama ammonia* vient buter contre le calcaire à polypiers n^o 3, dont il fait, comme nous l'avons dit, du *dicératien*.

Le n^o 4 devient kimméridien.

Le n^o 5 est portlandien.

Nous n'irons pas plus loin dans cette comparaison, car, pour le reste de la description de M. Coquand, il nous est impossible de la faire concorder, soit avec la coupe de M. Matheron, soit avec la nôtre.

Ce qui vient d'être dit suffit d'ailleurs pour établir clairement les bases du débat.

Les couches en litige sont ces dernières assises n^{os} 3, 4 et 5.

C'est dans le n^o 3 que M. Coquand avait affirmé l'existence de *Diceras arietina*, *Nerinea Defranci*, *Pinnigena Saussurii*. Lorsque la Société a été conduite sur les lieux par M. Coquand, nous n'avons pu voir que des fragments indéterminables; aussi n'ai-je exprimé aucune opinion; mais j'ai recueilli des fragments du soi-disant *Diceras arietina*, et M. Munier-Chalmas, après les avoir étudiés, a déclaré que ce n'étaient pas des *Diceras*, mais bien des *Requienia*. Quant aux autres fossiles, personne n'a pu les voir. L'assertion de M. Coquand, en tant qu'elle citait des fossiles déterminables et déterminés, était donc de nature à induire les géologues en erreur.

Mais en faisant connaître succinctement en quatre lignes (1) cette observation de M. Munier, je n'avais aucunement l'intention de donner à ma remarque un sens ironique, comme semble m'en accuser M. Coquand, puisque moi-même je n'avais pu reconnaître que ces fragments n'appartenaient pas à un *Diceras arietina*, mais seulement de montrer que M. Coquand allait beaucoup trop vite dans sa détermination.

(1) *Bull.*, 2^e série, t. XXIII, p. 523, 1866.

A cette époque la question était de savoir si ces couches étaient urgoniennes comme on le croyait avant M. Coquand, ou si c'était du vrai *coral-rag*; les preuves citées par M. Coquand se trouvant annulées, on devait rester dans l'opinion ancienne, et c'est ce que j'ai fait dans le passage ci-dessus cité et aussi dans mon Mémoire sur les Pyrénées (1). Mais bien entendu, n'ayant fait aucune étude sur ces couches, j'ai toujours été tout disposé à admettre de nouvelles preuves, et c'est ce que j'ai montré de la manière la plus positive en disant (2) qu'il *fallait attendre* pour fixer l'âge de ces calcaires de la Nerthe.

C'est qu'en effet, à l'époque où M. Munier a formulé son opinion sur les *fragments* que j'avais rapportés de la Nerthe, l'attention des paléontologistes ne s'était pas encore portée suffisamment sur les coquilles de ce groupe, et l'opinion de M. Munier devait se traduire ainsi: ces fragments se rapprochent plus des *Requienia* que du *Diceras arietina*. Aujourd'hui M. Munier, ayant fait une étude spéciale de toutes les formes qui peuvent se rapprocher du genre *Diceras*, est arrivé aux résultats suivants qu'il m'autorise à faire connaître :

1° Tous les échantillons provenant des calcaires à *Terebratula Moravica* de Stramberg, d'Inwald, du Salève, de l'Échaillon et de Rougon, qu'il a pu examiner, appartiennent à des espèces différentes des vrais *Diceras* coralliens du Nord; certaines de ces espèces, comme le *Diceras Lucii*, constituent même une section particulière que M. Munier appelle *Heterodiceras*.

2° Le genre *Requienia* ne doit conserver que deux espèces : *R. Ammonia* et *R. gryphoides*.

3° Les nombreuses espèces voisines du *Requienia Lonsdalii* doivent être retranchées des *Requienia* et se rapprochent beaucoup des *Heterodiceras*.

Voilà comment il faut interpréter aujourd'hui l'opinion émise en 1866 par M. Munier après un premier examen, à une époque où il n'avait pu avoir à sa disposition les nombreux termes de comparaison qu'il a pu étudier depuis.

Par conséquent la présence d'un *Diceras* analogue au *D. Lucii* n'est pas une preuve que la couche à laquelle ce fossile appartient soit jurassique. Cela ne prouve pas non plus qu'elle soit crétacée, puisque nous ne connaissons pas encore d'une manière positive l'âge des couches à *D. Lucii*.

(1) *Bull.*, 2^e série, t. XXIV, p. 371.

(2) *Bull.*, 2^e série, t. XXVI, p. 133, 1868.

M. Coquand a donc tout à fait tort de dire (p. 76) qu'aujourd'hui je nie que le calcaire corallien du vallon de la Cloche soit jurassique, et que je le place dans le terrain crétacé; je dis simplement que cela n'est pas encore suffisamment prouvé. Si M. Coquand, comme il l'annonce, y a recueilli *Diceras Lucii* et *Terebratula Moravica* (*Repeliniana*, d'Orb.), l'âge de ce calcaire suivra celui de l'Échaillon ou d'Inwald. J'ai clairement exposé déjà à plusieurs reprises, soit dans notre *Bulletin*, soit dans le *Geological Magazine* que j'étais tout disposé à admettre que ces calcaires étaient jurassiques, et j'ai donné les motifs de ma réserve.

Il est bon de constater, comme fait acquis, que M. Coquand abandonne sa première détermination de *D. arietina*. Il doit aussi renoncer à citer le *D. arietina* au Salève, où cette espèce n'existe pas (1), pas plus que dans aucun des gisements des calcaires à *Terebratula Moravica*.

De même aussi, M. Coquand (p. 95) cite le *Diceras Lucii* comme se trouvant à *Nattheim*, à *Tonnerre* et à *Angoulins*. Jusqu'à ce qu'il ait fourni les preuves, je dirai que ces citations reposent sur des erreurs, et que cette espèce n'a encore été trouvée dans aucune de ces localités.

En résumé, M. Coquand aurait constaté à la Nerthe un nouveau gisement du calcaire à *T. Moravica* et à *Diceras Lucii*. En se reportant à notre coupe (p. 414), on voit que ces calcaires n° 3 sont en contact avec le néocomien inférieur, et qu'ils sont séparés de l'oxfordien supérieur par des dolomies, comme cela existe à Ganges. La série des assises n°s 3, 4, 5, 6 et 7 devient alors une série descendante normale, et on ne saurait y voir ni *Kimmeridge* ni *Portland*, comme le voulait M. Coquand, puisque ces étages s'y trouveraient intercalés entre le *coral-rag* de M. Coquand et l'étage oxfordien.

IV. — CRÊTE DE CHAUDON.

Absence du terrain jurassique supérieur dans cette région.

J'ai dit (*Bull.*, t. XXIII, p. 523), que la crête de Chaudon

(1) M. Coquand a soin de citer un travail de M. de Lorient, de 1861, où ce savant indique le *Diceras arietina* au Salève; mais, s'il eût consulté le Mémoire spécial consacré par le même auteur à la faune du Salève (1866), il n'aurait plus retrouvé le *Diceras arietina*, et, longtemps avant, M. A. Favre avait, dès 1843, démontré que l'espèce du Salève n'était pas le *D. arietina*.

était formée de calcaires oxfordiens compacts à *Ammonites pliocatilis* et *A. tortisulcatus*, recouverts sur le chemin de Barrême par des calcaires néocomiens, qui ne se distinguent des précédents par aucune différence minéralogique, et que le premier j'ai signalés dans le Dauphiné entre l'oxfordien supérieur et les marnes néocomiennes, considérées jusque-là comme la base du terrain crétacé.

Il n'y aurait rien d'étonnant à ce que ces calcaires compacts, formant la base du néocomien, se prolongeassent quelquefois jusqu'à la crête, et cela serait prouvé si en effet on rencontre à cette crête les *Ammonites occitanicus*, *Calisto* et *Privasensis* qui caractérisent l'assise inférieure du néocomien. Mais alors il y aurait, à cette crête, superposition immédiate du néocomien sur l'oxfordien et absence de tous les étages intermédiaires, opinion qui restera la mienne jusqu'au jour où l'on apportera de véritables fossiles coralliens ou kimméridiens.

Mais, en vérité, n'y a-t-il pas lieu d'être exigeant et un peu sceptique à l'égard des fossiles que cite M. Coquand, puisqu'il a annoncé récemment à la Société qu'il avait découvert le *Cidaris florigemma* et l'*Hemicidaris Purbeckensis* dans cette même crête ou dans son prolongement, sur quoi M. Hébert se trouvait sévèrement admonesté pour son incrédulité, et que ces espèces, étudiées par MM. de Loriol et Cotteau, se sont trouvées être complètement différentes (1).

Depuis 1863 M. Coquand repousse mon opinion sans parvenir à en démontrer l'inexactitude. J'avais laissé bien longtemps cette critique sans réponse, puisque ce n'est qu'en 1867 (2) que j'ai simplement, en trois lignes, sans faire aucune critique de M. Coquand, maintenu mon opinion, qu'à Ghaudon les étages corallien, kimméridien et portlandien manquaient, comme à Grenoble, et aussi comme à Berrias, d'après M. Pictet (3).

Le 12 octobre 1868 M. Coquand est revenu sur cette question (4); il a donné une coupe de la chaîne des Dourbes, et il voit dans cette chaîne, au-dessus de l'oxfordien supérieur :

1° L'étage corallien à *Cidaris florigemma*.

2° Le kimméridge de Solenhofen.

(1) Voir *Bull.*, t. XXVI, p. 134.

(2) *Bull.*, t. XXIV, p. 392.

(3) *Faune à Terebratula diphyoides de Berrias*. — Mélanges paléontologiques, 2^e liv. p. 50.

(4) *Bull.*, t. XXV, p. 910.

3° Le portlandien à *Hemicidaris Purbeckensis*.

4° Le calcaire de Berrias à *Ammonites pychoicus*.

M. Coquand s'étend de nouveau (t. XXVI, p. 116) sur les couches de la chaîne des Dourbes; il précise par des coupes ses assertions, etc.

J'ai répondu (p. 131) en montrant que M. Coquand s'était trompé sur ses déterminations et, par suite, sur l'âge des couches qu'il attribuait sans aucune preuve aux étages corallien, kimmérien et portlandien.

Aujourd'hui, et dans sa note du 3 mai, M. Coquand revient encore à la charge.

Il affirme (p. 96) que l'Oxford-clay se termine à 100 mètres au-dessous des couches qui forment la crête. C'est possible, et je n'entends nullement contester cela; mais s'il veut prouver que ces 100 mètres correspondent aux étages corallien, kimmérien et portlandien, il doit nous donner d'autres preuves que celles qu'il nous a données jusqu'ici, d'autres preuves que le *Cidaris florigemma* ou l'*Hemicidaris Purbeckensis*, avec lesquels il croyait avoir si victorieusement démontré mes erreurs; qu'il apporte des faits sérieux, et alors j'admettrai l'existence de ces étages au lieu où j'ai dit qu'ils n'existaient pas, ce qui ne veut pas dire autre chose que je ne les y ai pas vus. Je n'ai jamais eu la prétention d'avoir vu tout ce qu'il y avait à voir dans tous les lieux où j'ai porté mes pas. Il me suffit d'avoir su y discerner quelques faits nouveaux.

Le travail auquel M. Coquand renvoie avait un tout autre but que de faire connaître la limite entre les terrains jurassique et crétacé, limite qui n'a été indiquée que d'une manière incidente. Quelque soit l'âge des couches qui constituent le sommet de cette crête, la seule dont j'aie voulu parler, j'ai dit d'une manière générale qu'elle était oxfordienne, et que l'Oxford-clay supérieur était directement recouvert par d'autres calcaires tout à fait semblables (*Bull.*, t. XXIII, p. 523), mais à faune néocomienne.

M. Coquand dit (p. 79) que, dans mon opinion, il ne s'interposait entre les marnes à Bélemnites plates et les calcaires oxfordiens aucune assise. Contrairement à cette assertion de M. Coquand, voici ce que renferment les pages citées : (p. 522, ligne 13 :) « J'ai reconnu qu'une série assez puissante de 60, 80 à 100 mètres de calcaires compactes, intercalés entre les marnes à Bélemnites plates et les calcaires oxfordiens supérieurs, appartiennent encore à la série néocomienne, et consti-

tuent (ligne 38) un nouveau terme à ajouter à la série telle que l'a donnée M. Lory. » Puis, (p. 523, ligne 16 :) « Ce terme inférieur se trouve sur le chemin de Chaudon à Barrême, entre les calcaires oxfordiens supérieurs à *Ammonites tortisulcatus* et *A. plicatilis*, qui forment la crête de Chaudon, et les marnes néocomiennes que l'on rencontre sur le chemin de Barrême. » Ce nouveau terme, que dès lors j'ai caractérisé par la *Terebratula diphya* (aujourd'hui *T. janitor*), cité dans le même travail et dans cette même assise à Monclus (p. 522), à Saint-Julien (p. 523), dans les pages suivantes je l'identifie avec le calcaire à *T. diphya* de la Porte-de-France, c'est-à-dire avec des couches tithoniques pour tous ceux qui admettent cet étage, et M. Coquand n'hésite pas à dire, en citant le même passage, mais d'une manière aussi incomplète que possible (p. 79, ligne dernière) : « On voit que, dans la pensée de M. Hébert, entre les marnes néocomiennes à Bélemnites plates et l'oxfordien, il ne s'interposait dans le col de Chaudon aucune masse que l'on pût rapporter au corallien, ou au jurassique supérieur, ou à l'étage tithonique. » En vérité, M. Coquand a lu mon travail d'une manière bien rapide.

Ainsi, à Chaudon, malgré toutes les citations inexactes de M. Coquand, la question reste telle que je l'ai posée. Les calcaires oxfordiens y sont, d'après les explorations faites jusqu'ici, directement recouverts par le néocomien inférieur à *Terebratula janitor*, et personne, pas même M. Coquand, n'y a encore trouvé rien qui puisse se rapporter au coral-rag ou aux étages supérieurs, ce qui ne veut pas dire que cette découverte ne puisse se faire un jour, la dissection du massif calcaire des crêtes de Chaudon n'ayant pas encore été poussée jusque dans ses dernières limites.

Je passe maintenant à Escragnolles.

V. — AGE DES COUCHES SUPÉRIEURES DU TERRAIN JURASSIQUE D'ESCRAGNOLLES.

Dans sa note du 3 mai, M. Coquand répète (t. XXVI, p. 862 et suiv.), comme il l'a déjà fait nombre de fois dans ses notes précédentes, que je nie l'existence des étages jurassiques supérieurs dans la Provence et dans les autres régions du midi de la France. Je ne puis m'expliquer cette persistance de sa part, malgré mes protestations réitérées, quand il lui est si facile de vérifier que, loin de nier par exemple qu'il fût pos-

sible de trouver du coral-rag dans le midi de la France, c'est moi (*Bull.*, Soc. géol., t. XIX, p. 119, 1861), et non pas M. Sc. Gras, qui n'a jamais, que je sache, rien publié à ce sujet, c'est moi, dis-je, qui l'ai signalé à Escragnolles (1). Seulement, comme les fossiles que j'ai vus avaient été soumis auparavant à M. Gras, et que ce savant avait déclaré, au dire du propriétaire de ces fossiles, qu'ils appartenaient au coral-rag, ce qui m'a paru vrai d'après un rapide examen, je devais laisser à M. Gras la priorité de cette opinion.

Or, d'après M. Coquand, c'est M. Gras, qui n'a rien écrit sur ce point, qui affirme le coral-rag, et c'est M. Hébert qui, seul, a fait connaître, en l'approuvant, cette opinion de M. Gras que celui-ci pourrait répudier, s'il le voulait, qui nie l'existence de cet étage. Je ne laisserai passer aucune occasion de signaler ce genre d'argumentation.

Si je revendique ainsi la citation du coral-rag à Escragnolles, c'est uniquement pour montrer le degré d'exactitude des assertions de M. Coquand. Mais je n'attache à des déterminations faites il y a neuf ans, en passant, sans livres et sans pièces de comparaison, qu'une confiance médiocre, et en particulier je ne voudrais en aucune façon garantir le *Cidaris florigemma*. D'après ce que m'a écrit M. Mirapel, d'Escragnolles, cette pièce serait actuellement à Marseille. M. Coquand est donc plus que moi à portée de faire faire cette vérification, mais M. Mirapel m'a envoyé de ces mêmes couches coralliennes de Breasc deux belles baguettes de *Rhabdocidaris caprimontana*, dont l'une est tout à fait identique avec celles qui ont été figurées par M. Moesch, dans un grand et beau travail sur la géologie de l'Argovie (Berne, 1867, p. 315, pl. VII, fig. 3, a-K). En Suisse, ce fossile se trouve dans les *Crenularis-schichten* de M. Moesch, que ce savant place au niveau de la partie supérieure du terrain à Chailles, au-dessous du corallien. J'ai exploré les couches d'Argovie avec soin, mais je n'ai pas achevé l'étude des fossiles que j'y ai recueillis, et je ne veux pas exprimer une opinion prématurée; mais les localités, où cette espèce se rencontre, indiquent bien que le gisement principal du *Rhabdocidaris caprimontana* est dans le terrain à Chailles, entre la zone à *Ammonites tenuilo-*

(1) Alc. d'Orbigny avait cité *Rhynchonella Astieriana* d'Escragnolles; mais dans son *Traité élémentaire*, p. 564, il donne une coupe du ravin d'Escragnolles où le néocomien est figuré en superposition immédiate sur l'oxfordien.

batus qui, pour moi, est de l'*Oxford-clay* supérieur et le véritable coral-rag du Jura. C'est à ce même niveau que se rencontrent les pointes de *Cidaris* que j'ai rapportées au *C. florigemma* et la *Rhynchonella Astieriana*, d'Orb. C'est donc dans la couche C de M. Gauthier (p. 873, vol. XXVI).

Non-seulement j'avais cité l'existence de cette zone corallienne, mais j'avais donné une idée exacte de sa position stratigraphique, car voici ce que j'ai écrit (1).

« Ce dernier étage (le coral-rag) existe néanmoins, mais un peu plus au sud (qu'à Chaudon). Il a été récemment découvert par M. Sc. Gras sur le versant des montagnes qui dominent Escragnolles (Bréase).... Enfin, ces calcaires coralliens sont recouverts par des calcaires compactes à cassure conchoïdale sans fossiles, qui viennent plonger dans le ravin même d'Escragnolles, sous le terrain crétacé. »

On voit par là que j'avais déjà donné d'une manière très-claire la coupe que figure M. Gauthier, puisque ses couches B et C sont celles qu'il caractérise par les fossiles du coral-rag, *Rhynchonella Astieriana* et *Ammonites Achilles*. L'assise D dans laquelle M. Coquand dit que M. Mirapel aurait recueilli l'*A. Lallierianus* est précisément celle des calcaires compactes lithographiques que je signalais ci-dessus.

Mais, d'un côté, M. Mirapel me déclare n'avoir jamais trouvé d'ammonites dans cette assise D, et M. Dieulafait confirme cette déclaration; et, d'un autre côté, j'ai reçu de M. Mirapel plusieurs bons exemplaires d'*Ammonites iphicerus* très-bien caractérisés. J'engage M. Coquand à comparer ce qu'il a rapporté à l'*A. Lallierianus* à la figure de l'*A. iphicerus*, donnée par Oppel, et peut-être y verra-t-il matière à correction.

Cette espèce (*A. iphicerus*) se trouverait, d'après des indications très-précises de M. Mirapel, à la colle de Mons, au sud d'Escragnolles, dans deux couches distinctes séparées par 25 mètres de calcaires compactes, et dont la plus élevée est à 50 mètres au-dessous de la couche à *Rhynchonella Astieriana* et à *Rhabdocidarid caprimontana*. Or, l'*A. iphicerus* est caractéristique de la zone à *A. tenuilobatus* (2). A ce niveau supérieur, se rencontre aussi assez abondamment *Rhynchonella trilobata*.

(1) *Bull.*, 2^e série, t. XIX, p. 119.

(2) Il est juste de rapporter à M. Dieulafait l'honneur de la découverte de cette zone à Escragnolles; car c'est d'après un fragment d'un Ammonite de cette zone recueilli par lui à Escragnolles qu'il m'avait communiqué, et

Dans le niveau inférieur, l'*A. polyplocus* est assez commun.

Nous voilà donc dans un horizon parfaitement déterminé, et, comme on affirme qu'au-dessus de la zone à *Rhynchonella Astieriana* il n'a jamais été trouvé d'Ammonites en place, que M. Coquand ne précise pas le gisement des *Ammonites Lallierianus*, *longispinus*, *suprajurensis* et *Gravesanus*, qu'il dit avoir été trouvés à Escragnolles; que pour la première espèce il est certain que l'auteur de la découverte en place le gisement à un horizon inférieur, M. Coquand me permettra d'attendre la communication et l'examen de ces espèces avant d'admettre l'existence du Kimmeridge et du Portland à Escragnolles.

Si ces étages s'y rencontrent en effet, ce ne pourrait être que dans les calcaires lithographiques supérieurs à la zone à *Rhabdocidaris caprimontana*; mais, comme cette zone est tout au plus la base du *coral-rag*, qu'on peut et qu'on doit peut-être la considérer comme faisant encore partie de l'ancien *argovien* qui appartient à la partie supérieure de l'étage oxfordien, on voit que la présence à Escragnolles du *coral-rag* lui-même n'est pas encore justifiée par des preuves suffisantes, sans en excepter celles que j'ai données moi-même. Nous devons être plus sévères dans l'établissement de nos convictions.

Je viens de parler de la zone à *Ammonites tenuilobatus*. J'ai, à cette occasion, à signaler une circonstance agréable pour moi.

Nous sommes en effet trop rarement d'accord, M. Coquand et moi, pour que je ne m'empresse pas de noter les points qui nous rapprochent. Dans sa note de novembre 1868 (*Bull.*, t. XXVI, p. 127), il admettait, comme M. Pictet et plusieurs

qui se rapportait à une espèce que j'avais recueillie à ce niveau en plusieurs points de Suisse et d'Allemagne, que j'ai donné à trois de mes élèves, MM. Vélain, Hollande et Bachelet, les instructions nécessaires pour en rechercher le gisement, ce qu'ils ont fait de la manière la plus fructueuse avec le concours de M. Mirapel, et ils m'ont remis à cette occasion le résultat de leurs observations, coupes, notes et fossiles; mais, de son côté, M. Dieulafait avait antérieurement exploré cette région avec un grand soin, et il vient de m'envoyer un Mémoire qui donne sur la succession de ces couches des détails extrêmement précis. Tous ces éléments concourent pour établir à Escragnolles une belle série de fossiles appartenant exclusivement à la zone à *A. tenuilobatus*. Cette faune se trouve placée comme je l'ai dit plus haut à 50 mètres au-dessous de la zone à *Rhabdocidaris caprimontana*, et d'après le travail de M. Dieulafait à 25 mètres au-dessus de la zone à *A. cordatus*.

géologues suisses et allemands, que la zone à *Ammonites tenuilobatus* était kimmérienne, et c'est à ce niveau (son assise E, p. 120) qu'il avait trouvé le *Cidaris* d'une conservation parfaite qu'il appelait *florigemma* (p. 122, l. 24), et que, à la page 120, il désigne comme *Cidaris florigemma* ou *coronata*.

D'autre part (p. 123, l. 5), il disait que l'assise E était oxfordienne, et l'assise D (a grands *Aptychus*), corallienne à la page 123, devient kimmérienne à la page 127.

Évidemment ce n'est pas sur ces contradictions, qui se suivent à quelques pages, que nous sommes d'accord; le point important dont je prends acte, le voici : aujourd'hui M. Coquand (p. 93) adopte nettement l'opinion contraire à celle de M. Pictet et d'une partie des géologues allemands, et par suite la mienne (*Bull.*, t. XXV, p. 825, et t. XXVI, p. 604), que la zone à *Ammonites tenuilobatus* (γ de Quenstedt) est de l'oxfordien supérieur. Il y réunit, contrairement à l'opinion de M. Moesch, et encore ici je suis tout à fait de son avis, les couches de Baden (Argovie); mais je cesse de partager ses opinions : 1° quand il croit que les opinions qu'il attribue à M. Waagen représentent sur ce point les dernières idées d'Oppel; 2° quand il croit que Nattheim, que je rapporte au *coral-rag*, est du Kimmeridge, ce qui cependant est plus exact que d'en faire du tithonique, comme le voulait Oppel, et par suite quand il supprime le *coral-rag* comme étage, car alors il n'y a plus rien entre la zone à *Ammonites tenuilobatus* et son kimmérien; 3° quand il croit que le calcaire à Astartes des géologues jurassiens correspond au Kimmeridge à *Ostrea virgula*, il est certainement inférieur.

Comme moi, M. Coquand est hostile à l'idée si chère à mes contradicteurs du mélange des faunes coralliennes et néocomiennes. Ses études dans des contrées éloignées ont chez lui confirmé la saine doctrine des faunes distinctes.

VI. — DU TERRAIN JURASSIQUE SUPÉRIEUR DU VAR.

J'ai montré dans les pages précédentes, qu'il y a des parties de la Provence, à Chaudon, par exemple, où comme dans presque tout le Dauphiné, et comme dans l'Ardèche, à Berrias, on n'a jusqu'ici rien trouvé qui se rapportât aux étages corallien, kimmérien et portlandien, et où les assises inférieures de l'étage néocomien, soit l'assise de Berrias, soit l'assise à *Terebratulina janitor*, repose directement sur les couches

supérieures de l'étage oxfordien; que dans d'autres points, soit des Cévennes, comme à Ganges, soit des Basses-Alpes, comme à Rougon, soit des Bouches-du-Rhône, comme à la Nerthe, il venait s'intercaler entre les étages oxfordien et néocomien un système composé de dolomies à la base et de calcaires à *Terebratula Moravica* et *Diceras Lucii* à la partie supérieure; que cette dernière assise, qui est évidemment la plus récente, a été jusqu'ici à tort ou à raison, rapportée au *coral-rag* du Nord.

Les travaux de MM. Émilien Dumas pour les Cévennes, de MM. Coquand et Matheron, pour la Nerthe, m'ont permis, à l'aide de quelques observations sur place, de tracer ces lignes stratigraphiques générales et de montrer l'accord qui existe dans ces divers gisements.

Seulement, je conclus de tous les faits connus, que, quelque soit l'âge de l'assise à *Terebratula Moravica*, elle est toujours en contact immédiat avec l'étage néocomien.

M. Coquand veut trouver entre cette assise, qu'il rapporte au *coral-rag* de Tonnerre, des représentants de nos assises suivantes :

- 1° Calcaires à Astartes;
- 2° Zone à *Ostrea virgula*;
- 3° Calcaires portlandiens.

J'ai montré que ses efforts ont été jusqu'ici infructueux pour toutes les régions que je viens d'énumérer.

En est-il autrement dans le Var, où une longue discussion se poursuit entre M. Coquand et M. Dieulafait à ce sujet? C'est une question dont je ne m'occuperais pas, si M. Coquand ne me citait sans cesse en m'attribuant des opinions qui ne sont pas les miennes.

Dans sa note du 1^{er} juin 1863 (*Bull.*, t. XX, p. 566), M. Coquand avait dit : « les crêtes calcaires de Chaudon sont les équivalents des calcaires blancs du Var et des Bouches-du-Rhône, et doivent être rapportées aux étages corallien, kimméridien et portlandien. » et (p. 557) il avait donné dans une coupe la place de ces étages qui se terminaient par des dolomies portlandiennes. A cette époque, il admettait que les dolomies de Saint-Hubert étaient oxfordiennes, et il établissait la série suivante de bas en haut.

J. Dolomies oxfordiennes de Saint-Hubert.

K. Oxfordien marneux à *Ammonites tortisulcatus* et *Belemnites hastatus*.

L. Oxfordien supérieur, calcaire à *Ammonites plicatilis*.

M. Étage corallien.

N. Étage kimméridgien.

O. Dolomies portlandiennes.

Ce sont les assises M. N. O. qui étaient les équivalents des calcaires formant les crêtes de Chaudon, et il citait (p. 558) les escarpements du Coudon comme en offrant un magnifique exemple.

Je n'ai aucunement contesté ces résultats, et on peut lire (p. 570) ceci : « M. Hébert fait remarquer qu'il n'y a rien d'étonnant à ce que des détails, que M. Coquand a mis plusieurs années à découvrir, lui aient échappé dans la course rapide qu'il a faite en Provence. »

Trois ans après (1), M. Dieulafait découvrit un niveau fossilifère au milieu de ces mêmes calcaires blancs ; il y avait des polypiers et de grandes coquilles bivalves qu'il m'envoya, et qui étaient des *Requienia Lonsdalii* parfaitement conservées. Ces calcaires étaient donc néocomiens, et non point le représentant du Jura supérieur. Aussi, dis-je simplement à cette occasion (p. 523, même volume) : « Je pense qu'aujourd'hui M. Coquand est éclairé sur ces rapprochements, » sans autre critique, et je rappelai en peu de mots cette erreur de M. Coquand dans une autre circonstance (*Bull.*, t. XXIV, p. 371).

Mais M. Coquand (p. 385) affirme qu'il a trouvé dans ces calcaires *Cidaris*, *florigemma*, *Hemicidaris crenularis* et *Apocrinus Munsterianus*, communiqués au Congrès scientifique d'Aix. Répliquant à M. Dieulafait, il soutient que les fossiles découverts par ce dernier ne prouvaient rien et qu'ils provenaient de blocs éboulés. Dans cette réplique, je suis vivement attaqué, je suis accusé de vouloir systématiquement supprimer le corallien en Provence, etc. Jamais, dit M. Coquand, contrée n'a été maltraitée par les géologues du Nord autant que la Provence. Cependant, j'avais évité avec soin toute idée systématique, je ne demandais que des faits certains, de véritables preuves, et comment considérer la passion de M. Coquand pour le jurassique supérieur provençal, quand, dans cette réplique à M. Dieulafait, on le voit changer complètement d'opinion sur l'âge des couches immédiatement inférieures à son prétendu étage corallien M. Ainsi (p. 734), il dit que les dolomies de Saint-Hubert, J, qui étaient de l'Oxford-clay infé-

(1) *Bull.*, t. XXIII, p. 463.

rieur pour lui dans son premier mémoire, et qui étaient alors recouvertes par son oxfordien marneux K, à *Belemnites hastatus*, au-dessus duquel était le calcaire oxfordien supérieur L, à *Ammonites plicatilis*, sont ou de l'oxfordien supérieur (ligne 8), ou du corallien inférieur.

Alors, l'ancien oxfordien moyen et le supérieur deviennent forcément tout autre chose.

Il me semble, d'après ce qui précède, que j'ai bien le droit d'attendre pour savoir ce que sont les couches dont M. Coquand veut absolument faire du Jura supérieur, que lui-même le sache bien et qu'il le prouve.

Le 4 novembre suivant, M. Dieulafoy, après avoir très-nettement relevé la contradiction que je viens de signaler, après avoir dit que les fossiles cités par M. Coquand comme *Cidaridaris florigemma*, *Hemicidaridaris crenularis*, *Apiocrinus Munsterianus*, ont été déclarés à l'unanimité par les géologues du Congrès d'Aix *absolument indéterminables*, ajoute (1) que, au-dessus de l'assise L, il a trouvé dans les assises M. N. O. de M. Coquand des milliers de fossiles néocomiens qu'il a laissés en place, et qu'il montrera à tous les géologues qui voudront les voir.

Ne reconnaît-on pas ici le vrai cachet de la géologie pratique, et suis-je coupable de me ranger de préférence à des conclusions ainsi exprimées, et de dire que jusqu'ici M. Coquand n'a aucunement prouvé l'existence du Jura supérieur dans le Var

Cependant, M. Coquand revient sur cette question (2) le 9 novembre 1868. Il donne une nouvelle coupe du jurassique supérieur du Var; mais alors il renverse d'une façon encore plus complète les conclusions de son premier mémoire. Il n'a plus de doutes sur l'âge des dolomies, J, de Saint-Hubert : c'est *incontestablement* du corallien (p. 104). En 1863, il avait constaté que l'oxfordien à *Ammonites plicatilis* et à *Belemnites hastatus*, les assises K et L étaient au-dessus des dolomies; maintenant il les place dessous (p. 105), et au milieu de toutes ces variations, dont l'auteur ne dit pas un mot, c'est toujours sur M. Hébert que l'on frappe, en l'accusant d'une foule d'erreurs et de contradictions.

(1) *Bull.*, t. XXV, p. 19.

(2) *Bull.*, t. XXVI, p. 100.

Dans ma réponse, loin de rester trop exclusivement attaché à mes opinions, je retire, peut-être à tort (p. 132), ce que j'ai énoncé sur l'âge des dolomies de Saint-Hubert; mais M. Coquand est si affirmatif que je n'ose persister; je repousse d'ailleurs nombre d'allégations inexactes. M. Dieulafait, à son tour (p. 141), maintient que les dépôts rapportés en 1863 par M. Coquand aux étages corallien, kimméridgien et portlandien, sont néocomiens et de l'horizon de la *Chama ammonia*, que les assises K et L, rapportées par M. Coquand à l'étage oxfordien, sont également néocomiennes.

On voit que la solution de la question du contact entre les terrains jurassique et crétacé dans le Var marche, mais ce n'est certainement pas dans le sens des idées de M. Coquand.

Il ne reste plus à préciser que l'âge d'une assise de 60 mètres de calcaires blancs avec coraux et *Nérinées*, jusqu'ici indéterminables, placées entre les dolomies de Saint-Hubert et le néocomien.

D'après cela, on est frappé des rapports si étroits que présente la succession des couches dans le Var, à la Nerthe, à Ganges et à Rougon. Ces calcaires blancs avec coraux et *Nérinées* seraient-ils la zone à *Terebratula Moravica*?

Ces détails ne sont pas inutiles pour faire comprendre la série des phases par lesquelles a passé la question du contact du terrain jurassique et du terrain crétacé dans le Var, et peut-être pour en faciliter la solution.

Actuellement, suis-je réellement coupable de faire à la mémoire de d'Orbigny *une insulte gratuite*, comme le dit M. Coquand (p. 82), parce que je soutiens que sa citation de l'*O. virgula* entre Cuers et Brignoles ne deviendra une preuve de l'existence, dont je ne conteste aucunement la possibilité, dans cette région, de l'étage kimméridien, que lorsque le gisement de cette espèce aura été retrouvé. Quoi! il y a vingt-huit ans que d'Orbigny a dit avoir recueilli ce fossile qui ferait tant de plaisir à M. Coquand, et M. Coquand, qui explore cette contrée depuis quarante ans, n'a pas su le retrouver? Cela me paraît d'autant plus extraordinaire que d'Orbigny déclare lui-même, comme je l'ai déjà dit (t. XXVI, p. 134, *note*), qu'il n'a rien trouvé dans le Var (1) qui indiquât les étages kimméridgien et portlandien. Ce n'est pas à moi à montrer ce qui est vrai dans

(1) *Cours élémentaire*, p. 540.

le cas actuel, c'est à M. Coquand, et, je le répète pour la centième fois, s'il retrouve le gisement de cette *Gryphée virgule*, j'en serai fort heureux, comme d'un fait nouveau et dont la découverte lui appartiendra, puisque d'Orbigny a dit le pour et le contre.

VII. ORIGINE ET MARCHÉ DE CETTE DISCUSSION SUR LA GÉOLOGIE DE LA PROVENCE.

Je voudrais pouvoir m'arrêter ici et supprimer tout ce qui n'a pas un intérêt exclusivement scientifique ; mais la position qui m'est faite dans la dernière note de M. Coquand ne me le permet pas. Est-il vrai, comme le dit M. Coquand (p. 74), « qu'il n'a pas publié une seule ligne sur les Alpes sans avoir eu à défendre ses idées contre les appréciations de M. Hébert ? »

Pour le savoir il faut remonter à l'origine du débat et le suivre dans le *Bulletin de la Société géologique*. La première fois que le nom de M. Coquand est tombé sous ma plume, c'était le 18 mai 1857. Les géologues du Nord, et notamment M. Raulin, voulaient que les grès du Maine fussent inférieurs à la craie de Rouen ; M. Coquand soutenait que cela ne se pouvait pas ; M. Hébert, bien que géologue du Nord, a montré que même pour le Maine, M. Coquand avait raison.

Plus tard le 6 décembre 1858 j'ai dit que M. Coquand avait méconnu les caractères de la craie de Meudon. Il me semble que j'avais bien ce droit, ayant fait de cette dernière une étude toute spéciale. Il en est résulté, au sujet du parallélisme de la craie supérieure du Sud-Ouest et de celle du bassin de Paris, une divergence qui dure encore, mais que je puis laisser de côté, puisqu'elle est étrangère aux discussions actuelles.

Depuis la Réunion extraordinaire de la Société géologique à Aix, en 1842, M. Coquand n'avait publié, que je sache, aucun travail spécial sur le terrain jurassique de la Provence. A cette époque il disait (*Bull.*, 1^{re} série, t. XIII, p. 442 et 482) : « il est démontré par l'observation qu'il n'existe point en Provence, au-dessus de l'Oxford-clay, des étages présentant les caractères minéralogiques et paléontologiques des étages du coral-rag, des argiles de Kimméridge et du Portlandstone ; mais rien ne prouve que la grande assise calcaire, qui est supérieure à l'Oxford-clay, ne soit pas le véritable équivalent de ces trois étages ». Alors, pour M. Coquand, l'existence du terrain jurassique supérieur en Provence était une simple *induction* (p. 527). Plus

tard (13 janvier 1845) (1) il dit, il est vrai, mais sans autre preuve, que dans le département du Var, le néocomien recouvre directement l'étage à *Gryphæa virgula*, ce qui naturellement exclut l'existence de l'étage portlandien. — Au contraire le 5 juillet 1847 (2) il affirme qu'on est obligé d'admettre le coral-rag et le portlandien.

M. Coquand croyait donc, par *induction*, à l'existence en Provence de la série complète de tous les étages jurassiques du Nord, mais il ne publie absolument rien qui vienne démontrer la réalité de cette induction, tandis que, en 1852, il montre (3) cette série si bien caractérisée dans la Charente, et qu'il adopte une classification tout à fait conforme à celle que nous avons toujours suivie. — Les quatre divisions du lias, les deux principales sections de l'oolite inférieure, la grande oolite avec ses caractères lithologiques et paléontologiques, l'Oxford-clay inférieur, ou kellovien, l'oxfordien proprement dit, les quatre assises du coral-rag, le calcaire à Astartes et les marnes à *Exogyra virgula*, les calcaires portlandiens, tout cela est exposé clairement. Si M. Coquand en eût fait autant pour la Provence, il n'y avait qu'à glaner après lui.

Dans l'esprit de M. Coquand c'était probablement les mêmes motifs d'induction qui démontraient l'existence du lias inférieur dans le Var. Cependant nous le voyons, présidant la Réunion d'Aix, prendre chaque jour une part active à la discussion et ne faire aucune objection, lorsque M. Itier (1^{re} série, t. XIII, p. 478) rendant compte de la course de Mazaugues disait que le lias, contenant la *Gryphée cymbienne* à la base, reposait directement sur les marnes irisées, lorsqu'en énumérant la série des assises jurassiques le même savant plaçait l'étage oxfordien immédiatement au-dessus du calcaire à Entroques, sans qu'il soit fait mention nulle part de la *grande oolithe*.

Une lettre de M. Matheron sur le souterrain de la Nerthe (4) nous indique encore que les différentes parties composant le terrain jurassique traversées en ce point sont : le lias supérieur, l'oolithe inférieure, l'Oxford-clay et des calcaires gris correspondant au coral-rag. Toujours absence de la grande oolithe.

Tel était, en 1861, l'état dans lequel le terrain jurassique de

(1) *Bull.*, 2^e série, t. II, p. 193 (note).

(2) *Bull.*, 2^e série, t. IV, p. 1215.

(3) *Bull.*, 2^e série, t. IX, p. 889.

(4) *Bull.*, 2^e série, t. IV, p. 262.

la Provence se présentait aux yeux des géologues étrangers à cette province, et qui cherchaient consciencieusement à s'en faire une idée; telles étaient les notions acquises, au moins à ma connaissance.

On croyait généralement dans le Midi, je ne veux pas dire toutefois que ce fût l'opinion de M. Coquand, qu'on avait fait, dans le Nord, beaucoup trop d'étages; que dans le Midi les faunes du lias inférieur et moyen étaient mélangées, la Gryphée arquée s'y trouvant mêlée à la Gryphée cymbienne; on croyait que les faunes de l'oolithe inférieure, de la grande oolithe et même du kellovien de d'Orbigny y étaient complètement confondues, et que tout cela ne faisait qu'un seul et même étage. En un mot, beaucoup de géologues admettaient un type jurassique méditerranéen, sur lequel on a, la Société se le rappelle, beaucoup discuté, et que M. d'Archiac se refusait à admettre. Dans ces idées, la série jurassique était nécessairement complète; avec un fossile plus ou moins exactement déterminé, l'étage était représenté.

Sur tous ces points, M. Coquand ne fournissait aucun document.

Ce fut alors que M. Jaubert, à l'occasion d'un passage, interprété d'une manière trop absolue, d'une note que j'avais récemment publiée, vint ramener l'attention sur le terrain jurassique de la Provence.

Je renvoie aux observations que j'ai présentées (1) à la suite de la communication de M. Jaubert pour montrer que je ne niais point l'existence de la grande oolithe dans le Midi, mais que je réclamaï des détails plus précis sur sa constitution et son extension.

J'ai voulu voir par moi-même ce qu'il en était; je suis allé faire une exploration en Provence et j'en ai publié les résultats le 18 novembre 1861.

Dans ce travail le nom de M. Coquand ne se trouve pas une seule fois, aucune allusion directe ou indirecte n'y est faite à ses idées. Deux études distinctes y sont exposées : l'une du terrain jurassique inférieur et moyen des Basses-Alpes, c'est la partie principale du travail; l'autre, *exécutée en un seul jour* sous la conduite de M. Jaubert, avait uniquement pour but la détermination de l'étage de la grande oolithe, détermination qui a été le résultat d'une coupe relevée à Solliès, et compre-

(1) *Bull.*, 2^e série, t. XVIII, p. 611.

nant toutes les assises jurassiques depuis le lias moyen à *Ostrea cymbium* jusqu'à l'oxfordien inférieur (kellovien d'Orbigny) inclusivement.

J'avais bien assez à faire, il me semble, dans l'unique journée que j'ai pu consacrer à Solliès, pour qu'on ne m'en demande pas plus que je n'ai fait, et surtout pour qu'on ne dise pas que j'ai fait des études spéciales sur des points que je n'ai en aucune façon abordés. Pour ce qui ne rentre pas dans le cadre ainsi limité, je me contente d'exprimer en quelques lignes les opinions de mes devanciers, mais sans les appuyer d'aucune preuve résultant d'une étude personnelle. La lecture du mémoire en question ne laissera aucun doute sur ce point.

Le 20 avril 1863 (1) M. Coquand annonce la découverte dans le Var, et à Solliès même, de la zone à *Avicula contorta* dont j'avais le premier montré l'existence en Provence, mais en même temps, pour des motifs dont je n'ai jamais pu me rendre compte, il dénature complètement le but de mon travail; il me représente comme poursuivant (p. 430 et 433) dans toute la Provence jusqu'à Solliès l'horizon qu'il avait créé à Digne, comme perdant son fil conducteur sur les bords de la Méditerranée, quand rien ne pouvait l'autoriser à penser que je m'étais aucunement occupé de chercher cet horizon ailleurs qu'à Digne, comme tombant dans des contradictions, et dans la même erreur qu'il reproche aux auteurs dont il combat les idées, etc., sans dire quelle est l'erreur que je reproche, et à quels auteurs j'adresse ces reproches, enfin comme (p. 426) niant pour la basse Provence l'existence des couches à *Avicula contorta*.

Voilà l'accueil qu'a fait M. Coquand à un travail qui a paru à d'autres avoir fait faire quelques progrès à la géologie provençale.

M. Coquand conteste-t-il les nombreux résultats de mon travail; pas le moins du monde; il en avait le droit, et loin d'user de ce droit il admet toutes les conclusions de mes études et immédiatement il prétend qu'il n'y a de ma part qu'erreurs et contradictions, parce que je n'ai pas découvert l'*Avicula contorta* dans des lieux où je ne l'ai pas cherchée, et où M. Coquand qui explorait le pays depuis trente ans ne l'y avait pas vue. M. Coquand me fait gratuitement reprocher des erreurs

(1) *Bull.*, 2^e série, t. XX, p. 426.

à des adversaires inconnus. Il prétend, bien à tort, comme on vient de le voir que je nie l'existence de l'infra-lias qu'il vient de découvrir dans le Var, et que personne ne connaissait auparavant, quand il avait lui-même laissé dire devant lui et imprimer que les couches à *Ostrea cymbium* reposaient sur les marnes irisées.

Dans cinq autres passages de la même note, M. Coquand renouvelle ses attaques.

Voilà l'origine de cette longue discussion. Tout lecteur impartial avouera qu'à ma place il y avait lieu d'être peu satisfait d'une pareille agression qui n'était justifiée par aucune espèce de motif.

Cependant j'ai laissé ces attaques sans réponse.

Le 1^{er} juin suivant (*loc. cit.*, p. 553), M. Coquand revient à la charge; il dit qu'il avait à défendre contre M. Hébert l'étage du lias inférieur que les géologues du Midi avaient reconnu dans les dolomies inférieures au lias moyen, et dont ce savant niait l'existence.

Les géologues du midi avaient si peu démontré que les dolomies correspondaient au lias inférieur, que M. Coquand s'est efforcé de donner cette démonstration dans sa note du 20 avril 1863. Il prétend, il est vrai, dans cette note, qu'il avait prouvé ce fait dans diverses publications déjà anciennes, dans ses leçons, et notamment, au mois de janvier 1863, devant la Société d'émulation de Provence; mais tous ces documents, s'ils existent, m'étaient et me sont encore complètement inconnus. Le dernier est d'ailleurs postérieur à mon travail de plus d'un an.

Je savais d'une manière vague, par M. Jaubert, que quelques géologues voulaient voir le lias inférieur altéré dans ces dolomies; j'ai dit que je préférerais y voir le représentant des marnes irisées; mais je me suis borné à cette simple observation; je n'ai attaqué personne, et je n'ai pas plus nié le lias inférieur que tous les géologues qui m'avaient précédé. Personne ne connaissait l'infra-lias; quant au calcaire à Gryphées arquées que M. Coquand déclare exister à Solliès, il n'en a fourni aucune preuve, tandis que M. Dieulafait prétend avoir constaté que les parties les plus élevées de la dolomie renferment encore la faune de l'infra-lias. Jusqu'à présent, je n'ai pas encore d'avis personnel sur ce point, mais il me paraît probable que c'est M. Dieulafait qui a raison.

Ainsi, pour la seconde fois, M. Coquand reproduit des as-

sertions inexactes à mon égard et m'attribue un rôle différent du mien.

Le *Bulletin* constate de quelle façon j'ai pris ces critiques injustes.

Il est bon de le rappeler de nouveau : « M. Hébert (p. 570) se contente de répondre qu'il n'y a rien d'étonnant à ce que des détails que M. Coquand a mis plusieurs années à découvrir lui aient échappé dans une course rapide qu'il a faite en Provence. »

Un an après, à la Réunion extraordinaire de Marseille, le compte-rendu de la session constate (1) que j'ai pris part à l'excursion de Solliès, où M. Coquand avait découvert la zone à *Avicula contorta*, et que je n'ai fait aucune objection aux idées de M. Coquand, et même, chose dont il aurait dû me savoir plus de gré, aucune plainte sur la manière dont il avait interprété mon travail.

Cette modération, soutenue pendant plusieurs années, n'a point désarmé M. Coquand. Et cependant, dans un mémoire (2) où la série jurassique de Solliès est décrite beaucoup plus complètement que je n'avais pu le faire, et d'une manière très-exacte, M. Jaubert avait montré à M. Coquand qu'il n'y avait aucune raison de classer les dolomies de Solliès dans l'infra-lias avant la découverte de la couche à *Avicula contorta*. Jusque-là, MM. Élie de Beaumont, d'Orbigny (1852), de Villeneuve (1856) et M. Jaubert les laissaient dans le muschelkalk.

Tout cela n'empêche pas M. Coquand de revenir une troisième fois à la charge (3) et de dire que je me refusais à reconnaître l'infra-lias du Var; et il ajoute alors que « jamais contrée n'a été maltraitée par les géologues du Nord autant que la Provence. »

A cela, je réponds simplement le 4 novembre 1867 (4) que je ne me suis jamais refusé à reconnaître l'infra-lias dans le Var.

Le 9 novembre 1868, nouveau mémoire de M. Coquand, reproduisant la même allégation (5) contre laquelle je réclame de nouveau (p. 132), mais bien en vain, car M. Coquand l'insère dans une note lue à la séance du 3 mai dernier, et cette allé-

(1) *Bull.*, t. XXI, p. 466.

(2) *Bull.*, t. XXI, p. 444.

(3) *Bull.*, t. XXIV, p. 733.

(4) *Bull.*, t. XXV, p. 20.

(5) *Bull.*, t. XXVI, p. 118.

gation erronée, contre laquelle je ne cesse de protester, on la retrouve encore *in extenso*, pour la sixième fois, dans le mémoire auquel je réponds (p. 101). Cette fois, il me suffit de signaler le procédé de discussion suivi par M. Coquand, procédé qu'il a d'ailleurs appliqué aux autres parties du débat.

Ainsi, dans sa note du 3 mai, il dit, p. 863, que je persiste à refuser au Midi les étages rhétien, de l'infra-lias, de la grande oolithe, etc., » comme si je n'avais pas le premier trouvé les zones à *Avicula contorta* et à *Ammonites angulatus* dans le Midi, le premier montré de quoi se composait en Provence l'étage de la grande oolithe, quand personne avant moi n'avait donné pour la Provence une seule coupe du terrain jurassique indiquant d'une manière précise les divers horizons qu'on y rencontre! M. Coquand dit que j'ai été obligé d'admettre ces étages, dont l'existence, en partie seulement soupçonnée par des fossiles isolés et sans gisement certain, n'a été démontrée d'une manière irréfragable que par mes travaux. Ainsi encore, M. Coquand (p. 96) affirmant sans cesse que je ne veux en Provence aucune assise jurassique supérieure à l'oxfordien, et on a vu ci-dessus ce qui en est de cette allégation, écrit qu'en admettant l'existence des calcaires à *Terebratula Moravica* à Rougon, je décapite et j'amoindris moi-même mon oxfordien supérieur. Ces critiques reposent donc sur une base tout à fait erronée, et c'est la troisième ou quatrième fois, je crois, que j'ai à repousser ces attaques.

Il y a encore, dans les notes de M. Coquand, un grand nombre de points que j'aurais le droit de relever. Pour ne pas abuser de la patience du lecteur, je terminerai en faisant observer que, dans toutes les critiques, M. Coquand se garde bien de contredire les résultats de mes propres études en Provence; il ouvre de longues et de nombreuses discussions à propos d'un passage de deux lignes qui se trouve incidemment dans un travail qui a un tout autre but. Si j'assiste sans rien dire à une excursion où il expose ses idées (à la Nerthe), je les partage; si plus tard je fais des objections, je me mets en contradiction avec moi-même; si je dis qu'en un point le jurassique supérieur manque, je nie qu'il existe en aucun point de la Provence, etc., etc., tout cela rempli de citations dont je ne reconnais plus ni le sens ni l'exactitude.

CONCLUSIONS.

J'ai été obligé de relever avec quelque détail des critiques

qui se reproduisaient sans cesse, malgré mes dénégations.

Naturellement, j'ai dû m'occuper ici du mauvais côté des travaux de M. Coquand; mais je n'ai en aucune façon voulu établir que M. Coquand ne produisait que de mauvaises œuvres. Ce n'était pas ici le lieu de signaler les services qu'il a rendus à la géologie; les dimensions de cette note, déjà longue, se fussent démesurément accrues, et les géologues sauront bien les reconnaître sans mon aide. Je fais appel à sa justice et à son amour pour la science pour marcher de concert dans la voie de la vérité.

Je vais donc terminer en signalant à tous ceux qui s'intéressent aux progrès de nos communes études l'état actuel des connaissances acquises et des *desiderata*, dans le midi de la France, pour le terrain jurassique, tel que cela me paraît résulter du travail que j'ai l'honneur de présenter :

1° La zone à *Avicula contorta* est connue presque partout;

2° Les zones à *Ammonites planorbis* et à *A. angulatus* existent à Digne (1), et sur les pentes méridionales du plateau central. On ne les connaît pas dans la basse Provence;

3° Le calcaire à Gryphées arquées est dans le même cas;

4° Le lias moyen, le lias supérieur, l'oolithe inférieure et la partie inférieure de la grande oolithe, celle qui correspond au *fuller's earth*, se présentent avec leur succession normale dans presque tout le midi de la France;

5° La partie supérieure de la grande oolithe paraît manquer dans la haute Provence; elle est au contraire bien développée dans la Provence méridionale;

6° L'étage oxfordien se présente presque partout avec ses trois divisions principales bien caractérisées, mais ses assises supérieures ne sont pas encore suffisamment analysées;

7° Les couches qu'on pourrait rapporter au véritable corallrag du Nord sont encore très-incomplètement connues dans leur faune et dans leurs limites. Jusqu'ici on n'en a démontré rigoureusement l'existence qu'à Escragnolles, et encore on n'aurait là affaire qu'à la base de l'étage;

8° Le calcaire à *Diceras Lucii* et à *Terebratula Moravica* de Ganges, de Rougon et de l'Échaillon, demande à être suivi d'une manière aussi continue que possible, à être étudié dans

(1) Où toutefois la zone à *A. planorbis* n'a pas encore été suffisamment caractérisée par sa faune.

sa faune et dans ses relations avec les couches néocomiennes, qui partout jusqu'ici sont immédiatement en contact. Son âge est encore indécis.

9° Les dolomies, toujours intercalées entre l'étage oxfordien et le calcaire à *Terebratula Moravica*, doivent être étudiées d'une manière plus approfondie dans leur relation avec les couches voisines, et aussi au point de vue d'y découvrir des fossiles.

Tels sont les principaux sujets sur lesquels les recherches des géologues doivent se porter. Il y a là matière à de très-intéressantes explorations, qui seront souvent récompensées par d'abondantes récoltes de fossiles.

M. de Verneuil résume en quelques mots les conclusions^s du mémoire suivant de M. Stoppani, en le présentant au nom de l'auteur :

Note sur la genèse des laves; par M. Antoine Stoppani.

Les idées exprimées dans cet écrit et les faits dont elles sont déduites ne sont en grande partie une nouveauté ni pour la science ni pour la Société. Beaucoup de choses sont extraites du *Bulletin* qui depuis de longues années recueille les doctes travaux de nos honorables collègues. En effet on a tant discuté sur l'origine des laves, qu'il ne devrait plus être nécessaire de revenir sur ce sujet, Mais, ce que l'on pourrait au moins exiger, c'est que les géologues fussent d'accord sur les faits et sur les principes les plus fondamentaux, pour qu'il ne fût plus besoin de rappeler des choses qui ont vieilli, ni de remettre sur le tapis certaines questions, déjà discutées il y a bien des années dans cette assemblée. Mais il en est tout autrement. Obligé par les devoirs de mon emploi de traiter toutes les questions fondamentales de la géologie, je me suis aperçu que s'il y a une thèse plus inutilement discutée, et sur laquelle les géologues soient plus incertains et plus divisés entre eux, c'est justement celle de la *genèse des laves*. Après les observations de Spallanzani, de Scrope, de Darwin, de Scheerer, etc., on parle encore sérieusement, et dans les traités généraux et dans les mémoires particuliers, on parle, dis-je, encore des laves comme de *matières fondues*. — « *Die Lava ist geschmolzenes oder feurigflüssiges Gestein; »* c'est ainsi que la lave est définie

par Naumann dans son récent traité de géologie et c'est ainsi que s'expriment les géologues en général, comme si l'on n'avait jamais fait aucune observation en sens contraire. Tant que durent les vieilles erreurs, il est nécessaire de rappeler les vieilles vérités. Ajoutez à cela que certaines idées, émises dans un temps, et basées sur certains faits, reconnus par les premiers géologues, viennent à acquérir une nouvelle clarté, une nouvelle confirmation d'autres observations, d'autres faits, dont la conquête est très récente. Les expériences sur la synthèse des minéraux, les thèses soutenues en Allemagne, nommément par Bischof, cette espèce de retour au neptunisme après la victoire du plutonisme que l'on croyait complète ; tout enfin dit qu'il est temps de faire revivre des questions abandonnées de longue date et de donner de la valeur à des faits qui n'en ont jamais eu pour la science, ou qui l'avaient perdue. Qui peut nier, par exemple, que les expériences de M. Daubrée, considérées dans leurs rapports avec le vulcanisme, ne jettent aussi une grande lumière sur la genèse des laves ? Il est donc nécessaire de faire réfléchir sur les faits anciens la lumière des idées nouvelles ; et, s'il faut le faire pour toutes les questions qui regardent la vie intérieure du globe, d'autant plus faut-il le faire pour celles qui regardent l'origine des laves, pour lesquelles, je l'ai dit, les géologues se trouvent entre eux en un parfait désaccord.

En abordant un sujet qui est étranger à la spécialité de mes études, j'ai besoin de toute l'indulgence de mes collègues. Comme cependant il s'agit d'idées que j'ai professées dans mes cours publics, et qui ne tarderont pas à être exposées dans le *Traité de géologie* auquel je mets la dernière main, et dont ce mémoire n'est qu'un extrait, la conscience de la vérité m'inspire un très vif désir que ces idées soient discutées par les hommes les plus compétents, et reçues si elles sont vraies, rejetées si elles sont erronées.

Il s'agit du reste d'une des questions les plus importantes de la géologie. L'éternel problème de géologie endograpique a toujours été celui-ci : *comment se forment les laves dans le sein du globe ?* De la solution de ce problème dépend la solution de tous les problèmes relatifs à l'activité intérieure du globe. Et je crois que l'on ne fera jamais rien pour la science des révolutions intérieures, tant que l'on conservera l'idée, que les laves sont des substances fondues. Tant que cette idée ne sera pas entièrement bannie, nous aurons toujours des *neptunistes* et des

plutonistes, qui combattront aveuglément pour une simple équivoque, tandis que les uns et les autres disposent d'un tel trésor de faits et d'observations, que nous sommes sûrs de voir s'ouvrir une voie de conciliation entre les deux écoles.

Les laves sortent des cratères toutes cristallisées. Voilà la proposition de Scrope que j'ai soutenue et que je soutiens. Les preuves de cette thèse, recueillies par Scrope (1), et que j'ai rapportées (2), ainsi que d'autres que l'on peut produire, sont si nombreuses et de telle nature, que c'est se révolter contre l'évidence que de nier la cristallisation antérieure à l'émission des laves. Tous confessent que les laves sont en général lithoïdes et cristallines, comme sont lithoïdes et cristallines les roches éruptives les plus anciennes. Les laves vitreuses, les obsidiennes, les perlites, les retinites, sont tout à fait exceptionnelles. J'ai visité le Vésuve, les volcans romains, les districts volcaniques du Vicentin, de la Bohême, du Siebengebirge, de l'Eifel, quelques districts trappiques de l'Angleterre, etc. et je n'ai jamais eu le plaisir de recueillir un seul fragment d'obsidienne ou d'un verre volcanique quelconque. Si j'avais voulu en recueillir, j'aurais très-bien su où m'adresser; mais cela ne m'empêche pas d'affirmer, tout en insistant sur ce fait que l'on ne peut nier, que les laves vitreuses sont une véritable exception. Les laves peuvent, en règle générale, se définir : *des agrégats de cristaux*. Pourquoi donc veut-on soutenir que l'état qui se présente, comme tout à fait exceptionnel dans les laves consolidées, est l'état normal des laves sortant du cratère? Et voilà ce que l'on veut soutenir après que depuis plusieurs milliers d'années, dans mille endroits, l'industrie fond et vitrifie tout ce qu'il y a de fusible et de vitrifiable, et n'a jamais pu rien obtenir que l'on puisse comparer à une lave quelconque, ancienne ou moderne, je ne dirai pas porphyroïde, mais à peine médiocrement cristalline.

C'est à peine si les plutonistes les plus passionnés ont su découvrir ça et là, parmi les scories des fourneaux, quelque cristal, qu'ils n'ont pas su reproduire artificiellement. Ils ont eu beau torturer la nature; en fondant des substances vitrifiables, ils n'ont obtenu que du verre. C'est donc d'après

(3) *Les Volcans*, p. 116.

(1) G. Poulett Scrope. *Les Volcans*, etc. Paris, 1864.

ces résultats négatifs que la géologie expérimentale proclame hautement que les laves sortent du cratère déjà granulées, déjà cristallisées.

Ce qui sert de bouclier aux plutonistes, ce sont les résultats des expériences de Watt. Ce célèbre expérimentateur, comme le rapporte Scrope (1), opéra sur le basalte de Rouley-Rag, que l'on emploie dans l'établissement Chace pour la fabrication des pierres artificielles. Fondu parfaitement dans un four, et refroidi avec beaucoup de lenteur, il prend graduellement une texture plus ou moins pierreuse par la formation de certaines concrétions globuleuses, qui, en se multipliant, en se comprimant mutuellement et en se pénétrant, finissent par donner à la masse, devenue concrète par le refroidissement, un grain écailleux et demi-cristallin. D'une masse demi-cristalline à une roche cristalline, porphyroïde et à un agrégat de cristaux, il y a encore loin. Si toutefois le basalte, fondu comme nous venons de le dire, se verse dans un récipient à l'air libre, comme on verse d'ordinaire la fonte du creuset dans le moule, il se durcit sous forme de verre parfait et présente les caractères de l'obsidienne. La cause a donc été gagnée. L'état cristallin des laves est dû au refroidissement lent ; les laves vitreuses sont celles dont le refroidissement a été rapide.

Mais comment se fait-il qu'on ne rencontre pas de laves vitreuses partout, au moins sur la surface des courants ? Comment se fait-il que les parties dont le refroidissement est certainement instantané paraissent fourmiller de cristaux ? En effet, de même que les laves les plus profondes et les plus compactes sont cristallines, de même le sont les laves les plus superficielles et les plus scoriacées, les scories mêmes, les bombes lancées dans l'air par les volcans. J'ai ramassé sur le Vésuve beaucoup de bombes, lancées par les éruptions les plus récentes, qui ont présenté des laves ainsi vitreuses à l'aspect. Brisez ces bombes et vous verrez qu'elles sont composées de grains et de cristaux. Les laves les plus récentes du Vésuve, lesquelles présentent l'aspect de scories sorties d'un fourneau, quand on les observe superficiellement, là où elles sont le plus scoriacées et presque émaillées de verre noir, laissent à peine apercevoir, un cristal ; mais brisez-en un morceau, et aus-

(2) Stoppani. *Note ad un corso di geologia*. Milano, 1865.

sitôt des points clairs, cristallins, brillent sur le fond noir. Faites polir le morceau, et il ne s'y montrera rien moins qu'une structure porphyroïde. On conserve au musée de Milan un médaillon modelé probablement avec la lave du Vésuve de 1844, qui se laissait manier comme de la fonte de fer. Les médailles, y compris notre médaillon, ont précisément l'aspect de médailles coulées en fonte. Mais, si l'on regarde le revers du médaillon, qui a été parfaitement poli, on verra que cette lave consiste en une pâte noire, uniforme, où sont disséminés en grande quantité des corps cristallins blanchâtres, qui les feraient prendre, abstraction faite de la couleur, pour du porphyre antique. Les guides du Vésuve, qui, dans des circonstances favorables, s'occupent à faire ces moulages, doivent en avoir une grande expérience, puisque le refroidissement de la lave est instantané. Comment ces médailles pourraient-elles devenir porphyroïdes, si la lave ne l'était pas? Tout le monde connaît la lave de l'Arso (Ischia), que l'on peut citer et comme lave éminemment scoriacée, et même comme une pierre ponce, et comme une lave porphyroïde par excellence; on y découvre une grande quantité de cristaux blancs de feldspath disséminés et brisés, si isolés, que leur présence pourrait être attribuée à un mélange mécanique.

La lave de l'Etna, de la dernière grande éruption, ressemble beaucoup aux laves plus modernes du Vésuve, surtout par cette apparence vitreuse. Les scories semblent du verre noir hirsute. Cependant M. O. Silvestri a présenté à la réunion extraordinaire de la *Société italienne des sciences naturelles*, de cette année, à Catania, une jolie série de dessins exécutés au microscope, montrant que ces laves, même les parties scoriacées, vitreuses, ne sont que des agrégats de cristaux intacts.

Les ponces des Canaries sont mélangées de cristaux de feldspath, d'augite, de lames de mica, de globules de hauyne, de magnétite, de titanite. Spallanzani s'étend longuement sur les scories que lançait le Stromboli, et s'étonne de ne point les trouver vitrifiées, riches au contraire en cristaux de *schorls*, c'est-à-dire d'augite (1). Aussi, en décrivant minutieusement les célèbres ponces de Campo Bianco à Lipari, il observe qu'elles sont parsemées de cristaux de feldspath, qui, au premier abord, ne se distinguent pas, parce que la couleur

(1) Spallanzani, *Viaggio alle due Sicilie*, II, cap. XI.

blanche les confond avec la masse de la ponce; on les aperçoit ensuite quand la ponce fondue artificiellement se convertit en verre coloré, sur lequel brillent des cristaux blancs de feldspath (2). C'est au point que sur le mont de la Castagna, également à Lipari, les cristaux de feldspath se trouvent même dans l'obsidienne, mais défigurés et déformés, tandis que dans la ponce ils sont intacts, avec leur structure lamelleuse, et avec leur transparence et leur dureté naturelle. Un cas singulier, c'est celui d'un cristal de feldspath, isolé dans le vide d'une ponce filamenteuse, où il est tenu en suspens par un faisceau de fils vitreux capillaires (3). C'est pourquoi ce prince des observateurs pensait, peut-être avant tout autre, que les cristaux préexistaient dans les laves, et y restèrent pour n'avoir pu être fondus par la chaleur qui fondait le reste de la lave (4). Les raisons que l'expérience fournit maintenant contre la supposition que les cristaux se forment dans les laves, pendant le lent refroidissement, sont les mêmes que donnait l'illustre Italien. «Parmi un millier de morceaux de lave, écrivait-il en 1793, que j'ai soumis à ce feu (au feu de la fournaise), pas un n'a reproduit ses schorls (pyroxènes et cristaux en général)», quoiqu'un grand nombre de ces laves soient restées pendant longtemps en état de fusion, et qu'il les ait laissées exprès se consolider en repos et avec une extrême lenteur (1).

Parmi les tufs de Viterbe, à la base des Cimini, on voit dominer certaines scories noires, de ponce, très-légères, et cependant regorgeant de gros cristaux d'amphigène. Personne ne peut douter que ce ne soient des scories lancées avec les petites pierres, les sables, les cendres, pendant les éruptions qui ont répandu une si grande quantité de leucitophyres, c'est-à-dire de laves à pâte lithoïde, où les cristaux d'amphigène, de la grosseur d'une noisette et même plus, sont tellement serrés, que ces laves pourraient être regardées comme une agglomération de cristaux. Comment expliquerait-on, en supposant la cristallisation par le refroidissement, qu'une scorie lancée en l'air par le volcan retombe une minute après toute ornée de gros cristaux. J'ai observé les mêmes faits dans les environs de Naples. La ville de Pompéi est une grande

(2) *Ibid.*, p. 268.

(3) *Ibid.*, p. 303.

(4) *Ibid.*, p. 314.

(1) *Ibid.*, p. 149.

collection de laves prévéruviennes qui vaut la peine d'être étudiée. On y voit surtout de magnifiques leucitophyres, qui rendent très-probable le synchronisme de la Somma avec les volcans de Viterbe, de Rocca Monfina, etc. On y voit un moulin dont les meules sont composées d'un leucitophyre caverneux boursoufflé, presque scoriacé, tout pétri de cristaux d'amphigène gros comme des noisettes. Mais on est frappé encore plus par ces scories légères, écumeuses, comme de la ponce très-bulleuse où les cristaux d'amphigène parfaits, miroitants, flottent comme dans un nuage. J'ai recueilli sur les courants de lave dans l'Eifel des scories très-poreuses, bulleuses, de celles qui se forment instantanément et qui flottent sur les courants. Et cependant elles étaient surchargées et presque pétries de mica en cristaux très-parfaits.

On cite aussi des pluies, des grêles de cristaux lancés par les cratères. Plusieurs fois le Vésuve couvrit son cône d'une grêle de cristaux d'amphigènes très-gros et très-parfaits, et souvent les sables du Vésuve et du Stromboli sont des pluies de cristaux hexaèdres d'augite. Sont-ce là aussi des produits d'un lent refroidissement (2) ?

(2) Dans ses éruptions, le Stromboli rejette, comme je dis, une grande quantité de cristaux d'augite, et ses scories, ses sables qui se produisent sous nos yeux, sont remplis du même minéral en cristaux très-parfaits. Les cendres vomies par l'Etna et par d'autres volcans sont composées de cristaux d'augite, de mica, de fer titanifère. Quant aux grêles de cristaux, il en est arrivé une en 1845, et elle est citée par Pilla. Les cristaux d'amphigène étaient de la grosseur même d'une noix et parfaits. Pour avoir une idée de l'abondance de ces grêles, il suffit de visiter la collection de M. Scacchi, à Naples, où les cristaux sont à la lettre amoncelés. Quelquefois ils sont couverts et même pénétrés de substances scoriacées. M. Scacchi croirait expliquer le phénomène en admettant la fusion nouvelle d'un leucitophyre vésuvien, poussé à une telle température que la gangue se crevassât, tandis que les amphigènes résisteraient. Mais il resterait encore à se demander comment s'est formé ce leucitophyre vésuvien préexistant ? Je ferai observer du reste que ces grêles amphigéniques ne sont qu'une manière d'être, ou l'expression, dirai-je, plus accentuée, plus brillante, du phénomène présenté par les bombes, par les scories, par les petites pierres, par les cendres où se trouvent les cristaux déjà distincts, déjà isolés d'une pâte de lave qui les contient. En admettant que dans tous ces cas, dans lesquels on ne peut douter de la préexistence des cristaux dans les laves, il s'agisse de laves refondues, nous finirons par devoir admettre que toutes les laves et toutes les roches cristallines, c'est-à-dire toutes les laves modernes et anciennes, sont des laves refondues. Où chercher après cela les laves originaires ?

Je rappellerai aussi les arguments multiples et imposants en faveur de notre thèse, déduits des circonstances accidentelles des cristaux dans les laves déjà solidifiées. Les cristaux sont quelquefois à demi fondus (1), écrasés, étirés, effilés, contournés. Cela s'observe principalement dans les laves vitreuses ou semi-vitreuses, dans les obsidiennes, dans les perlites, qui ne laissent pas toutefois d'être ordinairement parsemées de cristaux et quelquefois positivement porphyroïdes. Les rétinites, par exemple, contiennent parfois des cristaux de feldspath, des grains de quartz, des lamelles de mica et des cristaux d'hornblende (2). Les rétinites de Sardaigne et de l'île Saint-Pierre qui en est voisine contiennent des cristaux de feldspath. Bien plus, les rétinites les plus homogènes, observées au microscope, révèlent une multitude de cristaux roulés dans une pâte vitreuse ; mais la pâte vitreuse aussi, soumise à un très-fort grossissement, se résout peu à peu en cristaux, et il résulte enfin que les rétinites ne sont que des aggrégats d'aiguilles cristallines (3). L'obsidienne elle-même, outre qu'elle est souvent porphyroïde, contient aussi des cristaux microscopiques dans la pâte vitreuse, quoique le plus ordinairement elle semble absolument homogène comme le verre (4). Puisque nous voyons que les cristaux existent au sein des laves vitreuses, et que ces cristaux se modifient en une infinité de manières, comme nous l'avons dit, dans le sens qui répond indubitablement à un état de demi-fusion, il faut admettre que les cristaux préexistaient dans la lave, demi-fondus par la même chaleur qui suffisait pour fondre les parties vitrifiables, de sorte que, devenus mous et pâteux, ils étaient, par l'action mécanique du courant, laminés, étirés, tourmentés de mille manières.

Zirkel tient pour la cristallisation venant après l'émission des laves. L'obsidienne est par conséquent une lave fondue, promptement refroidie. Il rapporte que dans les rétinites porphyroïdes, c'est-à-dire mêlées de parties vitreuses et de parties visiblement cristallines, les parties cristallines contien-

(1) Les cristaux de leucite, observés par Monticelli et Covelli dans la lave vésuvienne de 1822, étaient partiellement fondus et couverts d'un émail blanchâtre. La lave tendait donc plutôt à les détruire qu'à les former.

(2) Zirkel. *Lehrbuch der Petrographia*. Bonn., 1866. Vol. 1, p. 567.

(3) *Ibid.*, p. 569.

(4) *Ibid.*, p. 233.

nent des parties vitreuses. Les masses cristallines seraient donc formées postérieurement aux masses vitreuses? Mais pourquoi alors, comme le dit également Zirkel, les cristaux de feldspath en sont-ils pas nets et tranchants, et observe-t-on un passage gradué du verre au cristal feldspathique? (1) On dirait donc que ce ne sont pas les cristaux qui se sont formés dans le verre (auquel cas ils devraient être détachés, très-nets), mais le verre qui s'est formé dans le cristal. Nous verrons plus tard comment cette thèse est soutenable, plus qu'elle ne le semble au premier aspect.

Les obsidiennes de Ténériffe sont souvent porphyroïdes ou cristallines, avec des cristaux de feldspath, de mica, d'horneblende. Les lames de mica et les cristaux de feldspath conservent la même direction. Mais le mica se présente en vrais cristaux, bien définis, hexagones, mêlés cependant à de simples lamelles micacées; le feldspath, au contraire, se présente le plus souvent sous forme de bandes, souvent quelque peu repliées, dans la pâte vitreuse. On découvre aussi des bandes claires, à contour bien défini, rhomboïdales, rectangulaires, hexaèdres, résultant de l'union de lames très-minces qui se superposent. Ces bandes semblent devoir être considérées comme des groupes de cristaux lamelleux très-minces de feldspath, car il existe des feldspaths qui, à la lumière polarisée, se résolvent en lamelles (2). Je demande si nous n'avons pas ici tous les indices d'un ramollissement, d'une demi-fusion, d'une décomposition de cristaux préexistants? Comment pourrait-on expliquer ces phénomènes par la théorie de la cristallisation subséquente? Pourquoi le feldspath n'aurait-il pas formé des cristaux nets comme le mica? Que l'on réfléchisse au contraire que, le mica étant beaucoup moins fusible que le feldspath, la théorie de la cristallisation antérieure explique très-bien sa conservation.

Quand les cristaux ont résisté complètement à l'effort de la fusion, l'action mécanique exercée par le courant sur les cristaux ne manque pas d'en attester la préexistence. Si le détritit est solide, le courant l'arrondit, le brise. Que de fois, dans les roches éruptives de chaque âge, on observe des nœuds et des sphérules cristallins au lieu de cristaux! Que de fois les cris-

(1) *Ibid.*, p. 570.

(2) Fritsch U. Reiss, *Geol. Beschreibung d. Ins. Teneriffe*. Winterthur, 1868, p. 409.

taux sont brisés et triturés ! On trouve sur le territoire romain de grosses amphigènes si parfaites, si intactes ! On conserve au musée de Milan des morceaux de ces mêmes leucitophyres à cristaux obtus, arrondis.

Dans un courant de lave très-fluide de l'île d'Abermale (Galapagos), Darwin a découvert, répandus en abondance, de gros cristaux d'albite, brisés, pénétrés par la pâte des laves, arrondis par le courant. L'olivine de quelques laves offre précisément les caractères des cailloux roulés par les courants. Les laves basaltiques de Laucerote et celles de l'Eifel et du Vivarais présentent ce phénomène singulier. Près de la source du courant de lave, l'olivine est disséminée en nœuds presque de la grosseur de la tête d'un homme ; mais leur grosseur diminue plus bas, jusqu'à ce que, à l'extrême limite du courant, les grains d'olivine sonent à peine visibles, triturés et confondus avec les autres grains. Si l'on attribue au refroidissement lent la formation des cristaux et des grains, le phénomène devrait être précisément interverti. Mais comme les grains d'olivine, spécialement s'ils sont gros, pourraient être considérés comme des fragments de roches, rencontrées et brisées par les laves dans leur marche souterraine (1), nous n'en tiendrons pas compte. Les cristaux rouges, fracturés, triturés, constituent un phénomène vulgaire.

Sans parler d'érosion et de fracture, l'action mécanique accuse la préexistence des cristaux solides ou à demi-fondus et pâteux, d'une autre manière. Les cristaux déjà formés figurent dans le courant comme des corps en suspension. Nous devons donc y observer indubitablement deux phénomènes : 1° comme tout corps à axes inégaux en suspension, ils sont disposés par le mouvement du courant, de manière que leur plus grand axe soit parallèle à la direction même du courant ;

(1) Le cratère de Dreis est formé, à la surface, moitié de roches dévoniennes et moitié de débris volcaniques. Il en sort des bombes d'olivine en si grande quantité que l'on serait tenté de les considérer, non comme des fragments de roches étrangères, mais comme des parties constituant la pâte des laves. J'y ai recueilli des bombes, ou plutôt des cailloux arrondis d'olivine, du diamètre de 40 centimètres. Mais les mêmes masses d'olivine se recueillent aussi mêlées à des morceaux de grès ou schistes, granite, syénite, amphibolite, diorite, gneiss, micaschistes, etc., formant quelquefois la partie prédominante des matières volcaniques rejetées par l'Eifel. (Th. Wolf, *Die Auswürflinge des Laacher Sees*, Zeitscher. Deutsch. Gsell., 1867).

2° les cristaux, lorsque leur résistance est inférieure à la compression latérale qu'ils supportent, ou se brisent, comme nous l'avons vu arriver, ou sont comprimés et écrasés, comme cela arrivera dans le cas où ils seront à demi-fondus et pâteux. Quant au premier phénomène, Scrope en parle comme d'un fait qui se manifeste fréquemment. Il devient évident lorsque se vérifie le second. Les bulles, ou cavités cellulaires des laves plus ou moins scoriacées, se montrent comprimées, étirées, allongées, de manière que le plus grand axe se mesure invariablement dans la direction du courant. Le phénomène est inévitable, parce que ces bulles, soufflées par les vapeurs et par les gaz, ne peuvent opposer qu'une résistance très-faible à la pression verticale et horizontale ou latérale, mais cela doit se vérifier aussi avec les cristaux, pourvu qu'ils se trouvent dans les mêmes conditions par rapport au courant qu'ils comprime. De Buch a décrit un courant de lave de Ténériffe qui contient d'innombrables cristaux de feldspath, minces, en forme de lames disposées en faisceaux comme des fils blancs, dans la direction du courant. Darwin observa des faits semblables dans les laves de l'Ascension, et Scrope dans celles de Pouza et d'Ischia. Ce dernier remarque aussi que les concrétions sphérolithiques dans les laves vitreuses sont quelquefois brisées, étirées, laminées, pliées, tordues, et Forbes rapporte que la disposition des cristaux en plans parallèles est caractéristique dans un grand nombre de laves trachytiques dans les Andes.

Darwin arriva au point de vouloir démontrer un véritable précipité des cristaux, qui, par leur poids, tendaient à tomber sur le fond du courant. Il cite, à ce propos, un courant basaltique, ou plutôt un lac de basalte, de l'épaisseur de 200 pieds, vu dans l'île de James (Gallapagos), où les cristaux d'albite étaient bien plus nombreux dans la partie inférieure que dans la partie supérieure. Il rappelle, à ce propos, que De Buch observa à Ténériffe, un courant d'obsidienne dans lequel les cristaux de feldspath grossissaient à mesure qu'ils gagnaient de profondeur, au point que le fond du courant avait tout l'aspect d'une roche primitive, c'est-à-dire cristalline comme les granites (1).

Le fait que les laves et les roches éruptives coulent de l'intérieur, sous forme de pâte cristalline, et non de pâte fon-

(1) Darwin, *Volcanic Islands*. London, 1844, p. 417.

due, vitreuse, fut mis en doute, lorsque s'est introduite la supposition que la nature lithoïde de la plus grande partie des laves dépend de leur décomposition, d'une altération, inexplicable du reste, éprouvée postérieurement à leur consolidation. Mais comment s'expliqueraient, demande Scrope, ces masses énormes de ponces et d'obsidiennes parfaitement vitreuses, si développées dans l'île de Lipari? Comment se fait-il que les laves vomies hier par le Vésuve sont plus lithoïdes et vitreuses, que celles qui coulèrent à plusieurs reprises à Lipari dans des temps au moins préhistoriques? Quand on entend un géologue justement estimé, comme M. Omboni, à qui ne doivent pas être étrangers les volcans d'Italie et ceux d'autres pays, dire, que « *une lave quelconque*, » là où elle est brisée depuis peu de temps et n'a subi aucune altération ou décomposition, présente *toujours* une structure vitreuse et l'apparence d'un verre impur, semblable à celui des scories des fours métallurgiques (1); » quand on l'entend dire cela, on ne peut s'empêcher de réfléchir à la puissance qu'exercent sur les hommes les meilleurs, les idées préconçues, puissance que l'on dirait poussée au point d'ôter le sens de la vue. Je prierais mon collègue de me choisir dans un musée quelconque une dizaine d'échantillons de roches vitreuses et demi-vitreuses, pour les comparer à mille autres dans lesquels il n'y a aucun indice de verre ni de vitrification, à moins qu'on ne change la valeur des mots. Et l'on ne viendra pas accuser de n'être pas fraîches les roches extraites des carrières de pierres, dans les districts volcaniques, non plus que celles que l'on tire des mines, à plusieurs centaines de mètres de profondeur.

La préexistence des cristaux, cet état, pourrait-on dire, de solidité de la lave, qui ne serait d'ordinaire pour nous qu'un agrégat de petits solides, contraste beaucoup, je le comprends bien, avec cette fluidité, quelquefois aqueuse en apparence, de la lave, principalement au moment où elle sort du cratère. Si l'on voulait même considérer la lave comme un agrégat de cristaux tout à fait incohérents, qui n'a pas vu comment les sables glissants, les neiges cristallines pulvérulentes qui s'écroulent des Alpes imitent de point en point un liquide qui coule? Mais (2) n'exagérons pas. Entre un aggrégat de grains inco-

(1) *Les Volcans*, p. 335.

(2) *Atti della Società italiana di scienze naturali*, vol. X, p. 244.

hérents et un verre liquide, il y a toutes les transitions possibles, et nous les admettons toutes, parce que pour nous les granites sont aussi bien des laves que les obsidiennes. Nous disons que les laves, en tant qu'elles sont cristallines, le sont déjà dans l'intérieur et ne le deviennent pas lorsqu'elles ont été rejetées et qu'elles se refroidissent. Une fusion parfaite est un cas très-rare; une demi-fusion est un cas moins rare; aucune fusion est le cas le plus fréquent, le cas ordinaire. Voilà ce que nous soutenons. Si la lave se vitrifie en tout ou en partie, nous avons déjà une raison de sa fluidité; c'est pour cela que les célèbres laves visqueuses de Bourbon, des Sandwich, etc., sont très-fluides. Si elles sont absolument cristallines, leur fluidité sera minime; elles seront paresseuses et lentes, comme l'on sait que le sont plusieurs courants du Vésuve et de l'Etna, et de plus comme l'attestent l'épaisseur, l'apparence de grumeaux gigantesques de certaines masses trachytiques. Ces laves ne sont cependant pas sans une certaine fluidité pour couler, ni une certaine tenacité pour durcir, comme ont coulé et se sont durcis les porphyres et les granites les plus porphyroïdes. N'oublions pas un agent qui va nous apparaître comme véritable agent générateur, et qui peut rendre raison de plusieurs phénomènes, parmi lesquels je place justement le mouvement, en grande partie, des laves cristallines et leur durcissement successif.

J'ai déjà rapporté les idées de M. Scrope à ce sujet (1); mais, comme j'ai la conviction d'avoir été à peu près entendu, je rapporterai maintenant littéralement la période la plus décisive à ce propos. Après avoir rapporté plusieurs arguments que nous avons produits pour prouver la granulation originelle des laves, il termine ainsi : « toutes ces considérations m'ont conduit depuis longtemps (depuis 1825) à cette conclusion, que, dans le plus grand nombre de cas, la lave à la sortie d'un volcan est déjà granulée ou composée de cristaux plus ou moins imparfaits, enveloppés dans une pâte d'un grain plus fin, mais encore minutieusement granulaire, sans être réduite à l'état de fusion moléculaire, et que sa *liquidité*, c'est-à-dire la mobilité des molécules solides, est due surtout à la présence d'un fluide qui remplit les interstices. Ce fluide ne peut guère être autre chose que cette même eau, ou plutôt que cette vapeur d'eau, tenant quelquefois en suspension plus

(1) *Note ad un corso di geologia*, I, § 827.

ou moins de silice ou autre matière minérale que l'on voit sortir abondamment de la surface et des crevasses de la lave incandescente, au moment de son exposition à l'air, et dans le fait même de la solidification (1). »

Pour comprendre que, non-seulement la vapeur, mais l'eau même, peut imprimer à la lave une grande mobilité, nous pensons que l'eau peut être conservée liquide, à la température d'incandescence, comme dans une *marmite de Papin*, tant qu'elle reste comprimée dans les cavités terrestres. La marmite brisée, elle doit se résoudre en vapeur avec de violentes explosions; mais elle peut rester aussi, en partie et pour quelques temps, emprisonnée entre la lave, dans cet état sphéroïdal, observé par Boutigny. C'est encore là une idée de Scrope. En supposant même que la lave ne soit (et elle l'est certainement en certains cas) qu'une pâte de grains, de petits solides, chacun pourra comprendre facilement que la masse doit acquérir une grande mobilité sous l'impulsion de la vapeur qui cherche à se dés'emprisonner. Les observations faites à l'occasion des éruptions démontrent que l'eau est unie, incorporée à la lave, dans l'état de la plus grande division; de sorte que l'on peut dire que chaque atome de lave doit être sollicité par un atome d'eau ou de vapeur aqueuse à une grande tension. Les observations microscopiques sur les laves ont confirmé cet état d'extrême division, jusqu'au merveilleux, jusqu'à l'incroyable. Dans un millimètre carré de lave peuvent être contenues 800,000 petites bulles d'eau, car il y a autant de pores bulleux, ronds et ovales ainsi que l'a calculé Zirkel dans un millimètre d'obsidienne, vu au microscope (2). Il faut donc considérer les parcelles, les granules des laves, comme formant un système de microscopiques chaudières à vapeur, dont la vapeur même tend à briser les parois avec violence. De là un système de chocs, qui doit se traduire en un mouvement de toute la masse. Ces myriades de jets microscopiques, qui fuient à travers ces myriades de granules, en les heurtant, en les déplaçant, doivent déterminer, dans la masse, un tel fourmillement, lui imprimer un mouvement tel que, secondé par la pente, il doit imiter, pourrait-on dire, la liquidité. Mais lorsque, comme cela arrive, un des éléments laviques se fond ou devient pâteux, le mou-

(1) *Les Volcans*, p. 117.

(2) *Lehrbuch*, II, p. 234.

vement, que pour cette raison prendrait la lave, sera augmenté et secondé par l'impulsion de la vapeur.

Ce n'est pas par hasard que nous avons supposé avec Scrope l'état sphéroïdal de l'eau dans l'intérieur de la lave. Nous savons que l'eau, ou un liquide quelconque, versé sur une surface incandescente, prend la forme sphéroïdale; elle se divise en gouttes, que l'on aperçoit en proie aux mouvements les plus vifs de vibration, oscillant, sautillant, tourbillonnant rapidement sur elles-mêmes. La vapeur, qui se développe sans cesse de la surface du liquide en contact avec la surface incandescente, est ce qui maintient au liquide même ce paroxysme convulsif. Les expériences de Perkins et de Boutigny ont prouvé de quelle valeur est la force répulsive qui détache le liquide du solide incandescent. Elle est telle qu'elle fait équilibre à la tension de la vapeur et à la force centrifuge, regardées comme forces contraires (1). L'eau, supposée dans des conditions semblables au sein des laves, produirait des effets analogues, et la somme des mouvements de toutes les sphérules aqueuses se traduirait elle-même en un mouvement de toute la masse.

L'existence de l'eau à l'état sphéroïdal, présentée par Scrope comme une hypothèse, se traduit, selon moi, en un fait. Elle est mise, je crois, en évidence par quelques phénomènes, qui ont paru inexplicables, ou qui ont été insuffisamment expliqués. Nous avons rapporté que le refroidissement des laves arrive sans intermittence avec grand développement de vapeurs. De temps en temps l'activité du volcan semble revivre au sein des laves déjà vomies. La lave, qui coulait ou s'étendait, fumante mais tranquille, tout à coup, comme envahie par un démon occulte, s'agite, se brise, et de ces déchirures naissent des volcans secondaires qui élèvent leur cône et lancent des bombes, de petites pierres, des scories, et élèvent sur le plan du courant des cônes de la hauteur de 10 à 20 pieds. Les mille *hornitos*, dont est hérissée la surface du grand épanchement de lave du Jorullo, tirent leur origine de la lave déjà répandue. Comment expliquer ces retours aux fureurs volcaniques dans une lave déjà épanchée, déjà à l'abri de toute influence du cratère? Comment expliquer aussi de quelle manière se développent dans les laves ces colonnes de vapeur qui obscurcissent l'horizon. Il semblerait, en effet, qu'au sein d'une lave incan-

(1) Daguin. *Traité de physique*, II, p. 340-344.

descente la vapeur devrait se trouver à un tel degré de tension, qu'à peine la lave ait libre communication avec l'atmosphère, son développement devrait être, non-seulement violent, éclatant, énorme, comme il se présente en effet dans le *pin* dirigé vers le ciel dans la première explosion, mais rapide et complet. Au contraire, il n'est pas complet, puisqu'il engendre encore en puissantes colonnes des courants de lave, sur toute leur largeur et leur longueur, puisque quelquefois il donne lieu à des paroxysmes partiels au sein des laves mêmes, dure tant que le courant est en mouvement, et sort encore pendant des mois et des années des courants déjà solidifiés, comme cela est arrivé au Jorullo, des laves duquel Humboldt voyait se développer une vapeur abondante un demi-siècle après l'éruption.

Obligés par le fait à admettre la permanence prolongée de la vapeur aqueuse dans les laves vomies, il ne nous manque que d'y admettre la présence même de l'eau pour avoir l'explication des phénomènes qui nous ont paru si mystérieux. C'est même la permanence de la vapeur aqueuse qui constitue un de ces phénomènes inexplicables, car on ne comprendrait pas comment elle pourrait rester emprisonnée dans les laves, quand elles sont à leur maximum de température, pour se développer ensuite, s'il le faut, après un demi-siècle, à mesure que la lave se refroidit. En admettant au contraire que l'eau reste à l'état liquide, il faudra admettre au moins la première condition d'un développement successif et continu de la vapeur. Mais comment l'eau peut-elle persister dans un état liquide dans une lave incandescente, déjà épanchée sous l'atmosphère libre? Justement en se maintenant à l'état sphéroïdal. L'eau, qui indubitablement imprègne les laves, comprimée dans les profondeurs terrestres comme au sein d'une cornue, s'échappe en vapeurs aussitôt que la cornue se brise. Mais il faut considérer que le même développement rapide et immense des vapeurs aqueuses, constituant le phénomène principal des éruptions subaériennes, produira, par une conséquence nécessaire, le rapide abaissement de la température d'une partie de cette même eau, d'où se dégagent les vapeurs, et cela jusqu'à ce que ce résidu d'eau reste liquide dans la lave incandescente, à une température peut-être fort basse, peut-être même à 0°. C'est ainsi précisément que restent liquides, ou se congèlent, dans le creuset incandescent, l'eau, l'acide sulfureux, le mercure, à la température de — 10°, — 100° dans

les célèbres expériences de Boutigny, de Faraday, etc. En admettant que l'eau, dans les conditions identiques avec celles où elle se trouve dans le creuset incandescent, reste liquide, à l'état sphéroïdal dans la lave, au moment où elle est vomie par le cratère, nous avons la clef des phénomènes successifs. En effet, les gouttes d'eau, dans les cavités de la lave incandescente, se trouveraient littéralement dans l'état où M. Pouillet maintint longtemps l'eau parfaitement tranquille dans un creuset de platine chauffé à blanc. Elles se trouveraient dans cet *état sphéroïdal*, supposé par Scrope, qui enlève l'adhérence du liquide à la surface incandescente, empêche l'ébullition, et rend l'évaporation très-lente. Les expériences plusieurs fois citées nous enseignent que cet état de choses dure, tant que dure la force répulsive de la vapeur. Et cette force répulsive diminue avec la diminution de la température échauffante, et cesse entièrement quand le refroidissement est arrivé à un certain degré différent pour les différents liquides. Pour l'eau, la limite inférieure de la température, pour que la forme sphéroïdale se détermine dans un vase métallique, a été trouvée par Boutigny de 142° C. Les expériences mêmes nous disent enfin (et prenons bien garde à ce dernier fait), que le rétablissement du contact, produit par le refroidissement, est immédiatement annoncé par l'ébullition et par l'explosion violente des vapeurs. Dans une expérience de Perkins, pendant que tout passait tranquillement dans un tube de fer chauffé au rouge, quoique rempli d'eau, l'eau même s'évapora d'un seul coup, avec un épouvantable mugissement, aussitôt que l'appareil descendit à un certain degré de refroidissement. Les corollaires, pour notre cas, découlent maintenant naturellement. L'eau qui se développe en vapeur de la lave qui se brise, refroidit l'eau qui reste dans la lave. Elle s'y maintient liquide, à l'état sphéroïdal, et il s'opère un lent mais continu développement de vapeurs. Mais par le refroidissement successif de la lave, le contact de l'eau étant rétabli avec la surface échauffée, l'eau s'évapore. Si le nombre des bulles qui s'évaporent avec force est suffisant, des colonnes de vapeur s'échappent de temps en temps, avec une fureur suffisante pour produire de violentes éruptions. Ce développement, tantôt rapide, tantôt lent, continue et continuera des mois et des années, s'il faut des mois et des années pour que la masse de la lave se refroidisse tout entière jusqu'au degré nécessaire au développement total des vapeurs. Ainsi, si la supposition de l'eau à l'état

sphéroïdal explique les phénomènes que présentent les laves, la réalité de ces phénomènes traduit la supposition dans la réalité d'un fait.

Contre la théorie qui vient d'être exposée peuvent s'élever des difficultés, déduites de l'état solide que présentent aussi les roches, plus nettement ou complètement cristallines. Je dis : peuvent s'élever ; car il s'en est élevé en effet. M. Omboni, dans l'écrit précité (1), dit qu'il n'y a rien à dire sur ce qu'a admis Scrope depuis 1825, c'est-à-dire que dans la plupart des cas la lave sort plus granulée, ou composée de cristaux plus ou moins parfaits, enveloppés dans une pâte de grains plus fins, et que sa fluidité ne consiste qu'en une mobilité des molécules solides, due à la présence d'un fluide, qui en remplit les interstices. Ce passage est littéralement tiré de mes *Notes* (2). Pour quelqu'un qui vient de dire qu'une lave quelconque présente toujours une structure vitreuse et l'apparence d'un verre impur (3), c'est déjà admettre beaucoup, beaucoup ! Mais M. Omboni, en commentant les idées de Scrope que j'ai rapportées, s'empresse de nous avertir que ce fluide peut très-bien être cette pâte liquide et très-molle, qui devient une espèce de verre en se refroidissant et en se solidifiant. Puis, me faisant l'honneur de m'attribuer ce qui est littéralement de Scrope (4), dont je n'étais que le pur écho, il se scandalise que j'aie dit que l'abondance et le presque exclusivisme de la vapeur aqueuse dans les éruptions volcaniques ne laissent aucun doute que le fluide demandé ne soit cette même vapeur d'eau. « Donc (s'écrie M. Omboni), selon M. Stoppani, une lave, au sortir d'un volcan, ne serait qu'une pâte de vapeur aqueuse et de cristaux, et de grains solides, c'est-à-dire serait une vraie boue très-chaude. Mais si réellement il en était ainsi, cette boue, en se refroidissant et en perdant la vapeur aqueuse, devrait se résoudre en sable incohérent (*sic*), et ne pourrait jamais se conserver aussi solide, et avec la structure d'un verre bulleux, comme en réalité on le voit dans toutes les laves (5). »

Quand Scheerer osa dire au monde entier que le granite n'é-

(1) *Atti della Società ital.*, X, p. 245.

(2) *Note ad un corso*, etc., I, § 827.

(3) Omboni. *Atti*, etc.

(4) Voyez le texte de Scrope que nous venons de rapporter de l'ouvrage intitulé : *Les Volcans*, p. 117.

(5) *Loc. cit.*, p. 245.

tait originairement qu'une *bouillie aqueuse*, il eut naturellement pour adversaires tous ceux qui formaient les rangs des platonistes. Mais à aucun il ne vint dans l'esprit (et il y a des années de cela) cette grave difficulté, qui aurait peut-être atterré et enseveli pour toujours le *neptunisme* renaissant: Si le granite était une *bouillie*, délayée avec de l'eau, pourquoi maintenant est-ce un dur rocher? Si j'avais dit, ou plutôt si Scrope avait dit, que les laves dans l'origine sont une *boue* (et quant à moi je le dis et je le soutiens), était-ce de la boue des rues qu'il voulait parler?

Combien de produits très-solides de l'industrie ne sont dans l'origine que boues, vraies boues, c'est-à-dire pâtes de grains solides avec de l'eau! Ce sont aussi des boues que les pâtes préparées pour les briques, pour les stucs, pour le ciment hydraulique, qui devient d'autant plus dur qu'il reste plus longtemps dans l'eau. Que veut-on de plus? Ne sont-ce pas des boues dans le sens le plus littéral du mot, que les produits de tant de célèbres éruptions, de tant de déluges boueux? Ne sont-ce point des boues que les tufs volcaniques, les célèbres *pépérines* qui fournissent un matériel si solide de construction? C'est un tuf, c'est-à-dire le produit d'un déluge boueux, qui ensevelit Herculanium à la profondeur de 50 à 150 pieds, et chacun sait quelle roche dure c'est. Scrope a assisté en personne à la formation de tufs semblables. Les cendres très-fines du Vésuve, de l'éruption de 1822, balayées par des pluies torrentielles, et déposées çà et là sous forme de boues, se sont consolidées, en roches si dures et si tenaces, qu'il faut des coups de marteau bien appliqués pour les briser (1). On ne devait pas s'attendre que l'objection vint d'un géologue, qui sait que les marnes, les grès, les schistes argileux, les quartzites étaient dans l'origine des boues, de vraies boues. On dira qu'on connaît les raisons; (si toutefois elles sont connues dans tous les cas), pour lesquelles se durcissent les ciments hydrauliques, les boues volcaniques et les sédiments. Très-bien; mais au lieu de nier simplement un fait, qui résulte de l'observation, il fallait chercher les raisons du fait. Craindra-t-on de ne pas trouver de raisons pour qu'une boue, composée de tels éléments et à une température aussi haute que celle de la lave, puisse se convertir en roche très-dure. La plus plausible se trouve dans ce passage de Scrope, que j'ai eu le

(1) *Les Volcans*, p. 176.

tort de ne point citer alors, parce que j'étais loin de m'attendre à de semblables objections : l'eau et la vapeur unies aux laves sont indiquées par Scrope, comme *tenant quelquefois en suspension plus ou moins de silice ou autre matière minérale*.

Quand on pense que les laves sont formées de silicates, avec des bases de soude et de potasse, que l'eau, à une température élevée, moyennant la soude et la potasse, dissout les silicates, que les eaux et les vapeurs hautement thermales des Geysers d'Islande, des étuves d'Ischia, des sources des Açores et de la Nouvelle-Zélande, déposent toutes du silex qui encroûte et cimente ce qu'il trouve, que l'eau des laves est positivement thermale à un haut degré, il faut conclure, non seulement à la probabilité,* mais à la nécessité que l'eau des laves tienne en solution de la silice, et d'autres substances fixes qui, après évaporation de l'eau, font l'office de ciment. Ni l'œil, ni la chimie ne pourront facilement distinguer un ciment, qui peut se réduire à un vernis sans épaisseur, et qui, par sa nature, s'identifie avec les minéraux mêmes qui composent la lave. Mais la présence de ce ciment doit être admise, je le répète, comme un fait nécessaire. C'est comme si l'on formait une pâte avec de l'eau sucrée ou de la gomme, une fois l'eau évaporée, les parcelles adhèreraient par un gluten de sucre ou de gomme, ou mieux encore, en mettant en contact entre eux des cristaux de sucre, à peine légèrement humectés à leur surface, ils adhèreraient sans que leur forme en fût altérée.

Pour conclure, toutes ces preuves nous autorisent à admettre : 1° que les laves actuelles sortent du cratère déjà granulées et cristallines; 2° que leur mobilité est due en grande partie à la vapeur d'eau qui se développe continuellement; 3° que le développement de la vapeur, continué après l'émission des laves, est dû à la présence de l'eau à l'état sphéroïdal; 4° que dans les cas d'une lave qui n'est ni vitrifiée, ni demi-vitrifiée, il suffit, pour expliquer la cohésion des grains, de la formation nécessaire d'un ciment hydro-siliceux.

Il est nécessaire que les géologues examinent sérieusement les faits, desquels, selon moi, il résulte que la cristallisation et la granulation des laves sont antérieures à leur émission du cratère. C'est là le fait le plus capital de l'*endographie* (1).

(1) Je distingue dans mes *Notes* par le nom d'*Endographie* cette bran-

Une fois ce fait fondamental prouvé, il en découle comme conséquence que l'état de fusion, l'état vitreux de la lave n'est pas du tout un état nécessaire, ni même l'état le plus normal pour les laves sortant du cratère ; au contraire, c'est un état exceptionnel, d'autant plus qu'il nous fait déjà soupçonner qu'il est lié à des conditions plutôt accidentelles qu'essentiellles de l'émission des laves. Il est nécessaire, dis-je, de bien fixer ces faits, parce que, s'il y a eu des difficultés à admettre l'identité d'origine entre les laves et les roches cristallines ancienne, elles sont nées principalement de ce que la pâte granuleuse, cristalline, des granites, des diorites, des porphyres, bien que ne rappelant en rien, même de loin, le verre, se distinguait beaucoup de la plupart des laves modernes, chez lesquelles la vitrification ou la demi-vitrification, sont dans beaucoup de cas, très-manifestes.

Une fois admis ces faits, nous trouvons que les roches cristallines anciennes reproduisent les laves modernes et mettent en pleine lumière le fait de la granulation intérieure.

Avant tout, que sont les roches cristallines ? Pour la centième fois : ce sont des pâtes cristallines, des agrégats de cristaux. Comme on peut regarder comme prouvé qu'ils sont sortis du sein de la terre comme les laves, que ce sont des laves (1), comme on n'a pas encore pu démontrer en aucune manière qu'une pâte de cristaux soit résultée du refroidissement d'une masse vitreuse, et comme il n'y a pas le moindre indice de vitrosité ou de fusion, il faut conclure que ces roches

che de la géologie qui étudie les masses cristallines non stratifiées et les phénomènes en général qui doivent leur origine aux forces intérieures ou *endogènes*, le nom de *statigraphie* désignant l'autre branche de la géologie qui traite des masses sédimentaires et stratifiées, lesquelles doivent leur origine à des agents extérieurs, c'est-à-dire aux forces *exogènes*.

(1) C'est à la démonstration de ce point que les roches cristallines composées, appelées par plusieurs *plutoniques*, les granites, les diorites, les porphyres, les serpentines, etc. sont des laves, que j'ai consacré les premiers chapitres du 3^e volume des *Note ad un corso di geologie*. La thèse est démontrée par arguments déduits : 1^o de la structure des roches cristallines ; 2^o de leur mode de gisement en bancs ; 3^o des conglomérats de frottement ou des roches incluses ; 4^o du métamorphisme de contact ; 5^o du métamorphisme péri-métrique. Dans les mêmes chapitres est démontrée comme inadmissible la distinction universellement admise de roches *vuicaniques* et de roches *plutoniques*, en prouvant que ces roches, représentent la série des transitions entre les volcans subaériens et les volcans sous-marins.

cristallines, granites, porphyres, diorites, etc., sont des laves qui sont sorties des entrailles de la terre déjà granulées, déjà cristallisées.

En observant le mode d'agrégation et la forme des grains et des cristaux, on remarque immédiatement les particularités des laves modernes qui nous ont servi à établir la granulation intérieure. Les cristaux sont quelquefois intacts; quelquefois, au contraire, ils sont comme triturés, réduits en grains ou en sphérules, etc. Les cristaux de tourmaline, d'amphibole, d'achmite, que Scheerer observa souvent brisés dans les granites, et dont les fragments étaient entourés de feldspath et de quartz, existaient déjà indubitablement dans le granite, quand il coulait avec la fluidité de la lave (1). Si ces cristaux s'étaient formés quand le granite était en repos, comment se seraient-ils brisés? Voici un phénomène qui me paraît surtout très-décisif en faveur de la granulation antérieure à l'émission des roches cristallines. On a observé que les grains cristallins, composant les dykes, sont plus fins sur les salbandes, c'est-à-dire sur les côtés, que vers le centre. On ne saurait à quelle autre cause attribuer la plus grande finesse des grains sur les salbandes, sinon à la mutuelle friction qui a dû être indubitablement plus grande sur les côtés, par l'effet du frottement contre les parois que dans le centre; donc, observe Scrope, les laves sont sorties déjà granulées (2). Le phénomène est incontestable, et il faut dire qu'il se présente bien clair et bien fréquent, s'il a été si souvent remarqué par tant d'observateurs. Bien souvent comme le mentionne Naumann, les *dykes* granitiques sont uniformément granuleux; mais il arrive aussi plusieurs fois qu'ils présentent des grains plus gros dans le milieu, et plus fins sur les salbandes, c'est-à-dire sur les côtés. Il est vrai que le même savant admet, sans citer aucun exemple, que le contraire arrive, bien que plus rarement.

Mais il est explicitement affirmé que non-seulement la granulation sur les salbandes est souvent plus menue, mais que le granite y forme parfois une pâte compacte, homogène, qui renferme souvent des éclats de la roche environnante (3).

(1) *Bull. Soc. géol.*, 2^e série, t. IV, p. 487.

(2) *Les Volcans*, p. 120.

(3) Naumann, *Lehrbuch der Geologie*. Leipzig, 1858-1868, vol. II, p. 227.

Ces divers accidents s'expliquent naturellement très-bien comme un effet du frottement de la pâte granitique contre la paroi et des grains cristallins entre eux, frottement comparable à celui, par lequel les cailloux s'arrondissent et se convertissent en gravier, en sable, en boues, et mieux encore à l'état qui engendre de si énormes quantités de sables et de cendres volcaniques. L'action même érosive, que les laves en coulant exercent sur les solides dont elles sont composées, a déjà été démontrée par les observations que nous avons citées comme preuve de la granulation des laves; et cette action doit s'exercer en proportions bien plus grandes dans les *dykes* où le frottement est augmenté par la résistance des parois et par la plus grande compression de la masse coulante.

Naumann, que nous venons de citer, recueille aussi beaucoup d'exemples d'où il résulte que, dans la plupart des cas, les veines et les *dykes* granitiques sont constitués par un granite plus fin que celui qui les encaisse. La chose peut se résoudre en un simple fait de priorité de la part des granites plus grossiers, en comparaison des plus fins, d'autant que l'on cite plusieurs cas de veines porphyroïdes dans ces granites à pâte fine (1). Je retiens cependant que la finesse du granite, principalement dans les petits *dykes*, dans les simples veines, doit être attribuée à un vrai broiement causé par le frottement. J'ai plusieurs fois observé le fait suivant, que je crois général. Le granite porphyroïde par excellence, que l'on appelle en Lombardie *ghiaandone*, est tout réticulé de veines de granite fin, que je crois provenir d'éruptions plus récentes du *miarolo* ou *sanfedelino*, énorme amas de granite fin, qui surgit à côté du *ghiaandone* dans le groupe de montagnes entre Chiavenna et Morbegno. Mais dans ces veines on remarque une finesse de grains bien supérieure à celle que l'on observe dans la masse du *sanfedelino*, ou dans un granite quelconque de nos montagnes. Dans les veines plus petites, dans celles, par exemple, qui ne dépassent pas dix centimètres d'épaisseur, le granite est réduit à une pâte à l'aspect de pétro-silex, presque homogène, blanche, à peine rayée en gris par des grains très-fins de mica.

Les observations de Blode sur les *dykes* amphiboliques qui percent les granites de Jampol, Chomentia et Wrazlau ont la même signification. Ces *dykes*, de l'épaisseur de cinq à dix pieds,

(1) Naumann, *Ibid.*, p. 230.

sont formés de diorites ou d'amphibolites granuleuses; mais les salbandes, jusqu'à la profondeur de deux pieds, sont schisteuses; de sorte que le tout se présente quelquefois comme composé d'une triple zone, parallèle aux parois des dykes. Le même fait a été observé par Lefevre dans les banes dioritiques de l'Égypte et par Delesse dans ceux des Vosges (1). La structure laminaire, ou la schistosité parallèle aux salbandes, dans les dykes porphyriques est un phénomène fréquent. (2). Comment pourrait-on voir autre chose dans cette schistosité, qu'un phénomène de lamination, produit par le frottement de la pâte éruptive en mouvement contre les parois immobiles? On observe aussi du reste dans les dykes dioritiques l'inclusion de fragments de la roche environnante, ainsi que la finesse, la compacité, l'homogénéité plus grandes, soit des côtés, en comparaison du milieu, soit des petits dykes, en comparaison des grands.

Cotta dit, en parlant des diorites de la Saxe : « les rapports « entre la compacité et la puissance des masses se conservent « là où se trouvent plusieurs variétés distinctes. Les grandes « masses sont à gros grains; les grands dykes à grains fins; « les petits dykes sont compactes (3). »

L'exemple le plus classique et le plus convaincant de cette action mécanique exercée sur les éléments composant la lave, d'où résulte évidemment la préexistence des cristaux, vient de m'être offert par mes amis, MM. Spreafico et Negri, et sera décrit dans leur Mémoire, maintenant sous-pressé, sur la géologie des environs de Lugano. La presqu'île de S. Salvatore, dans sa partie méridionale, offre, comme tout le monde le sait, une association de porphyres et de micaschistes. En partant du pont de Melide pour arriver à Morcote, sur la route qui côtoie le lac, on compte neuf dykes de porphyre, de l'épaisseur de 7 à 30 mètres qui percent verticalement les micaschistes. Ces dykes sont flanqués de *conglomérats de friction*, composés de fragments de micaschiste et de gros blocs de cette roche se voient engagés dans le porphyre. Les dykes, en s'élevant, se rejoignent, jusqu'à ce que tous se perdent dans une énorme expansion qui forme les hauteurs de la montagne, en

(1) Naumann, *Ibid.*, p. 403.

(2) Naumann, *Ibid.*, p. 683.

(3) Naumann, *Ibid.*

COMPOSITION DU BUREAU DE LA SOCIÉTÉ

POUR L'ANNÉE 1870

Président.

M. P. GÉRAIS.

Vice-Présidents.

M. HÉBERT.
M. de VERNEUIL.

M. TOURNOUER.
M. DOLLFUS-AUSSET.

Secrétaires.

M. LOUIS LARTET.
M. ALPH. BIOCHE.

Vice-Secrétaires.

M. CHAPER.
M. BAYAN.

Trésorier.

M. Éd. JANNETTAZ.

Archiviste.

† M. E. DANGLURE.

Membres du Conseil.

M. DELESSE.
M. ALF. CAILLAUX.
M. J. MARCOU.
M. M^{is} DE ROYS.
M. BELGRAND.
M. EDM. PELLAT.

M. de BILLY.
M. DESHAYES.
M. Éd. COLLOMB.
M. Alb. de LAPPARENT.
M. ALBERT GAUDRY.
M. Ch. LAURENT.

Commissions.

Bulletin : MM. DESHAYES, DAMOUR, HÉBERT, TOURNOUER, LEVALLOIS.

Mémoires : MM. P. GÉRAIS, de LAPPARENT, ALPH. MILNE-EDWARDS.

Comptabilité : MM. M^{is} DE ROYS, J. MARCOU, EDM. PELLAT.

Archives : MM. DELESSE, ALF. CAILLAUX, PARÈS.

Table des principaux articles contenus dans les feuilles 1-10 (1869-1870).

Le Hon. — Note sur les <i>Aptychus</i>	10
Mussy. — Possibilité de l'existence du terrain houiller dans l'Ariège.	14
Arnaud. — Observations géographiques sur la craie du Sud-Ouest.	18
Desor. — Sur les terrains de transport de la vallée de la Durance.	35
Coquand. — Aperçu géologique sur la vallée d'Ossau (Basses-Pyrénées)	43
Hébert. — Observations sur la communication précédente.	71
Coquand. — Nouvelles considérations sur les calcaires jurassiques à Diceras du midi de la France.	73
Hébert. — Examen de quelques points de la géologie de la France méridionale. .	107
Stoppani. — Sur la genèse des laves.	137



SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

Tableau indicatif des jours de séance

Les 1^{er} et 3^e lundis de chaque mois

ANNÉE 1868 — 1869

Les séances se tiennent à 8 heures précises du soir, rue Bonaparte, 44.

Novembre.	Décembre.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.
9	7	4	1	1	1*	3	7
		11			3		
16	21	18	15	15	19	17	21

* Séance générale annuelle (BULL., t. XXIV, p. 652).

Le local de la Société est ouvert aux Membres les lundi, mercredi et vendredi, de 11 à 5 heures.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ.

Bulletin. — Les Membres n'ont droit de recevoir que les *Bulletins* des années pour lesquelles ils ont payé leur cotisation. Ils ne peuvent se procurer les autres qu'en les payant. (Art. 58 du régl.) — La 1^{re} série est composée de 14 volumes; mais les six premiers manquent. Le prix des tomes VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII et XIV est de 2 francs. — La 2^e série, en cours de publication, comprend 27 volumes. Le prix de chacun de ces volumes est de 5 francs. — Les volumes I, II et III de cette série sont épuisés.

Le *Bulletin* s'échange contre des publications scientifiques périodiques. — Il se vend aux personnes étrangères à la Société au prix de 30 fr. l'année.

Mémoires. — Les membres de la Société qui voudraient se procurer tout ou partie de la 1^{re} série des *Mémoires de la Société géologique*, composée de 5 volumes, le pourront à raison de 10 fr. par chaque demi-volume des tomes I, II et III (à l'exception de la première partie du tome I, qui est épuisée), et à raison de 12 fr. par chaque demi-volume des tomes IV et V.

Les huit premiers volumes de la 2^e série sont publiés. Les douze premiers demi-volumes de cette série sont délivrés aux Membres au prix de 8 fr., et chacun des mémoires des tomes VII et VIII, aux prix indiqués ci-dessous.

	PRIX : Pour les Membres.	Pour le public.
T. VII. — Mémoire n° 1.	3 fr.	8 fr.
Mémoire n° 2.	7	13
Mémoire n° 3.	8	15
T. VIII. — Mémoire n° 1.	8	15
Mémoire n° 2.	6	11
Mémoire n° 3.	8	17

Histoire des progrès de la Géologie

	PRIX : Pour les Membres.	Pour le public.
T. I. . . . épuisé.		
II. { 1 ^{re} partie (épuisée).	2 fr. 50	5 fr.
{ 2 ^e partie (épuisée).	2 50	8
III, IV, V, chaque volume.	5	8
VI.	5	10
VII.	5	8
VIII.	5	8

Table des XX premiers volumes (Prix, pour les Membres. 4 fr. du *Bulletin* (2^e série). — pour le public. . . 7 fr.)

MM. les Membres sont instamment priés de faire connaître au secrétariat leur changement de domicile.

Adresser les envois d'argent, les demandes de renseignements et les réclamations à M. le Dr LACY, agent de la Société, rue de Fleurus, 39.

